

## **TUGAS AKHIR**

### **PERBANDINGAN CAMPURAN POLYURETHANE DENGAN GRAPHENE DAN ASAM FOSFAT DENGAN GRAPHENE UNTUK MENDAPATKAN BESARNYA TEGANGAN DAN ARUS LISTRIK DALAM PEMBUATAN SOLAR CELL**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik ( S.T )  
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh:

**HERRY ANGRIAWAN**

**NPM : 1407220096**



**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA**

**MEDAN**

**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PERBANDINGAN CAMPURAN POLYURETHANE DENGAN  
GRAPHENE DAN ASAM FOSFAT DENGAN GRAPHENE UNTUK  
MENDAPATKAN BESARNYA TEGANGAN DAN ARUS LISTRIK YANG  
DIHASILKAN DALAM PEMBUATAN SOLAR CELL**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Telah Diuji dan Disidangkan Pada Tanggal :  
(28 September 2018)**

**Oleh :**

**Herry Angriawan  
1407220096**

**Pembimbing I**

**(Solly Aryza Lubis ST. M. Eng)**

**Pembimbing II**

**(Faisal Irsan Pasaribu ST.MT)**

**Penguji I**

**(Zulfikar ST.MT)**

**Penguji II**

**(Partaonan Harahap ST.MT)**

**Diketahui dan Disahkan  
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**(Faisal Irsan Pasaribu ST.MT)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2016**



## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Herry Angriawan  
NPM : 1407220096  
Tempat / Tgl Lahir : Indrapura / 7 Juni 1996  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

**“ PERBANDINGAN CAMPURAN POLYURETHANE DENGAN  
GRAPHENE DAN ASAM FOSFAT DENGAN GRAPHENE UNTUK  
MENDAPATKAN BESARNYA TEGANGAN DAN ARUS LISTRIK YANG  
DIHASILKAN DALAM PEMBUATAN SOLAR CELL ”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Medan, September 2018  
Saya yang menyatakan

  
**HERRY ANGRIAWAN**

# KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, maka skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Salam dan salawat semoga selalu tercurah pada baginda Rasulullah Muhammad SAW. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “ PERBANDINGAN CAMPURAN POLYURETHANE DENGAN GRAPHENE DAN ASAM FOSFAT DENGAN GRAPHENE UNTUK MENDAPATKAN BESARNYA TEGANGAN DAN ARUS LISTRIK YANG DIHASILKAN DALAM PEMBUATAN SOLAR CELL”. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program sarjana Strata Satu di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Penulisan mengucapkan rasa terimah kasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuan yang telah di berikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Secara khusus rasa terima kasih tersebut saya sampaikan kepada:

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir da studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ibu tersayang Eliana, Ayah saya Marlis, dan Adik saya Annisa Azzahra sebagai keluarga penulis yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan memberi nasihat, materi,dan do'a.

3. Bapak Dr. Agussani MAP selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal M.Sc, P.hd selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Khairul Umurani S.T, M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Partaonan Harahap S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Solly Ariza Lubis, S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
10. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T ,selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
11. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro A1 Pagi Stambul 14 yang telah saling bahu membahu & memberi semangat untuk berjuang selama 4 tahun terakhir.
12. Teman-teman SMA seperjuangan yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
13. Dan semua yang telah terlibat dalam pembuatan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu persatu.

Penulis menyadari adanya kemungkinan terjadi kekeliruan ataupun kelebihan dan kekurangan kesalahan-kesalahan di dalam penyusunan tugas akhir ini, mungkin masih banyak kekurangannya. Oleh sebab itu saya mengharapkan kritik dan saran. Semoga tugas akhir ini dapat membawa manfaat yang sebesar-besarnya bagi penulis

sendiri maupun bagi dunia pendidikan pada umumnya, khususnya untuk Fakultas Teknik Elektro. Terima kasih atas segala perhatiannya penulis mengucapkan terima kasih.

***Wassalamu'alaikum Wr. Wb.***

Medan, September 2018

Penulis,

**Herry Angriawan**

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa.....	4
1.5.2 Manfaat bagi Perguruan Tinggi .....	5
1.6 Metode Penelitian .....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	7
2.2 <i>Graphene</i> .....	10
2.3 Copper Tape.....	11
2.4 Allumunium foil.....	13
2.5 Polyurethane .....	15

2.6	Asam Fosfat (Phosporic Acid).....	17
2.7	Solar Cell .....	18
2.8	Perbandingan Campuran Polyurethane dengan Graphene dan asam Fosfat Dengan Graphene Untuk Mendapatkan Besarnya Tegangan dan arus Listrik Yang Dihasilkan Dalam Pembuatan Solar Cell.....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>28</b>
3.1	Lokasi Penelitian.....	28
3.2	Peralatan dan Bahan Penelitian.....	28
3.2.1	Bahan – bahan Penelitian .....	28
3.2.2	Peralatan penelitian .....	29
3.3	Tahapan Perancangan Material.....	29
3.3.1	Graphene .....	29
3.3.2	Copper Tape .....	30
3.3.3	Alluminium Foil.....	31
3.3.4	Polyurethane .....	32
3.3.5	Phosporic Acid.....	33
3.3.6	Plat kaca .....	34
3.4	Diagram Alir Sistem .....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>38</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	38
4.2	Pengujian Peralatan.....	38
4.2.1.	Pengujian Tegangan Listrik Yang Dihasilkan Dari Campuran Graphene Dalam Pembuatan SolarCell.....	38



4.2.2. Pengujian Arus Listrik Yang Dihasilkan Dari Campuran Graphene	
Dalam Pembuatan Solar Cell.....	41

4.2.3. Pengujian Daya Output Yang Dihasilkan Dari Campuran Graphene	
Dalam Pembuatan Solar Cell.....	43

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 48**

5.1 Kesimpulan .....	48
----------------------	----

5.2 Saran .....	49
-----------------	----

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar StrukturPori-PoriGrapheneOksida .....	11
Gambar 2.2 IkatanUretan dan ReaksiPembentukan Polyurethane .....	16
Gambar 2.3 Ilustrasi Cara Kerja Sel Surya Dengan Prinsip p-n Junction .....	20
Gambar 2.4 Rangkaian Paralel Dan Seri Pada Solar Cell.....	21
Gambar 2.5 Cell Surya Modul Surya dan Array .....	22
Gambar 2.6 Solar Charge Controller .....	24
Gambar3.1 Copper Tape dan Plat Kaca .....	31
Gambar 3.2 Plat Kaca Dengan Copper Tape dan Alluminium Foil.....	32
Gambar 3.3 Graphene dan Polyurethane Yang Telah Terikat Dengan Kaca.....	33
Gambar 3.4 Graphene dan Polyurethane + Asam Fosfat.....	34
Gambar 3.5 Perbandingan Campuran Graphene Sample A dan B .....	35
Gambar 3.5 Diagram Alir .....	36

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Pengujian Tegangan Yang Dihasilkan .....	39
Tabel 4.2 Data Pengujian Arus Yang Dihasilkan .....	41
Tabel 4.3 Daya Output Yang Dihasilkan Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell A .....	44
Tabel 4.4 Daya Output Yang Dihasilkan Daya Output Yang Dihasilkan Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell B .....	45
Tabel 4.5 Perbandingan Daya Output Daya Output Yang Dihasilkan Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell A dan B .....	46

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Grafik Perbandingan Tegangan Yang Dihasilkan Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell Terhadap waktu .....	40
Grafik 4.2 Grafik Perbandingan Arus Yang Dihasilkan Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell Terhadap waktu .....	42
Tabel 4.3 Grafik Perbandingan Daya Sample A dan B Terhadap waktu.....	46

## **ABSTRAK**

*Berdasarkan pengembangan sumber teknologi energi yang terjangkau ,dan bersih yang memiliki manfaat jangka panjang yang besar, solar cell merupakan salah satu energi terbarukan. Graphene dapat digunakan dalam pembuatan solar cell karena memiliki tingkat mobilitas elektron yang baik sehingga daya output yang dihasilkan lebih baik dari pada solar cell konvensional. Penelitian ini membahas mengenai pengaruh campuran graphene dengan polyurethane dan asam fosfat terhadap tegangan, arus dan daya output yang dihasilkan dalam pembuatan solar cell. Campuran graphene pada sample A menggunakan polyurethane lebih sedikit dari sample B akibatnya sample A menghasilkan tegangan dibawah sample B, akan tetapi pada campuran graphene sample A menggunakan asam fosfat lebih banyak dari sample B. Asam fosfat pada campuran graphene dalam pembuatan solar cell sangat berpengaruh pada arus listrik yang dihasilkan, akibatnya sample A mempunyai arus yang lebih besar dari sample B. Hasil Perhitungan daya yang didapat sample A menghasilkan daya outout rata-rata sebesar 19,65 mW sedangkan sample B menghasilkan 10,413333mW. Hal ini membuktikan sintesis pada graphene pada pembuatan solar cell sangat berpengaruh terhadap daya output yang dihasilkan.*

**Kata Kunci :** *Graphene, copper tape, aluminium foil, polyurethane, phosphoric acid (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), solar cell, sintesis graphene.*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Para ilmuwan, aktivis lingkungan, perusahaan, negara bahkan orang di seluruh dunia sangat menantikan pengembangan sumber teknologi energi yang terjangkau, tidak habis-habisnya dan bersih yang akan memiliki manfaat jangka panjang yang besar. Ini akan meningkatkan keamanan energi negara-negara melalui ketergantungan pada sumber daya pribumi, tidak habis-habisnya dan sebagian besar impor-independen, meningkatkan keberlanjutan, mengurangi polusi, menurunkan biaya mitigasi pemanasan global, dan menjaga harga bahan bakar fosil lebih rendah. Matahari, tenaga surya energi dianggap yang terbaik di antara semua alternatif yang tersedia sebagian besar tergantung pada pengembangan sel surya fotovoltaik untuk mencapai efisiensi maksimum energi dari matahari.

Energi matahari adalah cahaya yang berseri-seri dan panas dari matahari yang dimanfaatkan dengan menggunakan berbagai teknologi yang terus berevolusi seperti pemanas matahari, fotovoltaik, energi panas matahari, dan arsitektur surya dan fotosintesis buatan. Efek fotovoltaik mengacu pada foton elektron menarik cahaya ke keadaan energi yang lebih tinggi, yang memungkinkan mereka untuk bertindak sebagai pembawa muatan untuk arus listrik. Proses ini bersifat fisik dan kimia, karena langkah pertama melibatkan efek fotolistrik dari mana proses elektrokimia kedua terjadi yang melibatkan mengkristal. Atom terionisasi dalam

suatu rangkaian, menghasilkan arus listrik. Sel membutuhkan perlindungan dari lingkungan dan biasanya dikemas rapat di balik lembaran kaca. Ketika dibutuhkan lebih banyak daya daripada satu sel tunggal, sel secara elektrik terhubung bersama untuk membentuk modul fotovoltaik, atau panel surya.

Salah satu material yang banyak dikembangkan saat ini adalah *graphene*. *Graphene* adalah salah satu keluarga unsur karbon, yang dikembangkan A. K. Geim dan K. S. Novoselov pada tahun 2004. Para fisikawan, kimiawan, dan ilmuwan material saat ini telah berfokus pada aplikasi dari *graphene* untuk beberapa bidang penelitian dan industri karena memiliki sifat yang sangat baik antara lain mobilitas elektron yang tinggi ( $\sim 10.000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ), efek Quantum Hall pada temperatur ruang, transparansi optik yang baik (97,7%), luas permukaan spesifik yang besar ( $2.630 \text{ m}^2/\text{g}$ ), modulus Young yang tinggi ( $\sim 1 \text{ TPa}$ ), dan konduktivitas panas yang tinggi ( $\sim 3000 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ) [1].

*Graphene* menjadi kenyataan dan menyebabkan Geim dan Novoselov dianugerahi Hadiah Nobel pada tahun 2010. Dalam teknik ini, sepotong grafit mengalami pengelupasan pita berulang dan kemudian dipindahkan ke substrat. Jumlah lapisan kemudian dapat dievaluasi dengan metode yang berbeda dengan menggunakan mikroskop optik sederhana, spektroskopi Raman, mikroskop kekuatan atom dan atau pemindaian mikroskop tunneling. Metode preparasi ini masih membuat kristal kualitas tertinggi, namun hanya berguna untuk lab scale percobaan dan prototyping karena tidak mungkin untuk meningkatkan proses [2].

*Graphene* telah diusulkan untuk menjadi elektroda transparan yang efektif untuk menggantikan Indium Tin Oxide (ITO) di sel surya. *Graphene* menunjukkan sifat yang sangat baik seperti resistansi lembaran rendah,

transmitansi tinggi, properti mekanik yang baik, dan stabilitas termal dan kimia yang baik. Pada awal 2007, para ilmuwan membuat sel surya polimer menggunakan oksida *graphene* yang dikurangi sebagai elektroda transparan dan mencapai PCE (Efisiensi Konversi Daya) sebesar 0,26%. Setelah itu, pendekatan deposisi uap kimia (CVD) telah digunakan oleh banyak kelompok untuk mensintesis film *graphene* satu atau beberapa lapisan dengan area luas untuk aplikasi pemanenan energi yang merupakan kemajuan signifikan dalam bidang ini. Efisiensi sel surya organik dengan elektroda *graphene* adalah 1,18%, yang dekat dengan sel surya organik dengan elektroda ITO (~ 1,27%). Pada tahun 2011 peneliti menggunakan metode transfer lapis demi lapis untuk membuat film multilayer CVD *graphene* dengan lebih sedikit cacat dan resistan lembaran lebih rendah. Sel-sel surya organik dengan elektroda dari empat lapisan *graphene* memiliki PCE ditingkatkan hingga 2,5%, yang merupakan 83,3% dari PCE perangkat berbasis ITO.

Penelitian ini membahas mengenai perbandingan campuran *polyurethane* dengan *graphene* dan asam fosfat dengan *graphene* untuk mendapatkan besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dalam pembuatan *solar cell*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang akan di teliti yaitu:

1. Bagaimanakah cara pembuatan *solar cell* dengan *graphene* .
2. Bagaimanakah perbandingan campuran *polyurethane* dengan *graphene* dan asam fosfat dengan *graphene* untuk mendapatkan besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dalam pembuatan *solar cell*.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas maka tujuan yang ingin di capai pada penulisan skripsi ini adalah sebagai :

1. Untuk merancang dan membuat *solar cell* dengan *graphene* melalui methode hummer's.
2. *Graphene* akan memiliki mobilitas elektron yang tinggi.

### 1.4. Batasan Masalah

Dikarenakan banyaknya cakupan permasalahan yang terdapat pada perancangan alat ini, maka penulis perlu untuk membatasi batasan masalah yaitu:

1. Membahas mengenai kadar sintesis campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*.
2. Mengetahui perbandingan campuran *polyurethane* dengan *graphene* dan asam fosfat dengan *graphene* untuk mendapatkan besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dalam pembuatan *solar cell*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang di ambil dalam penulisan skripsi ini adalah :

#### 1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa

1. Dapat mengetahui kadar sintesis *graphene* secara sederhana.
2. Dapat mengetahui perbandingan campuran *polyurethane* dengan *graphene* dan asam fosfat dengan *graphene* untuk mendapatkan besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dalam pembuatan *solar cell*.

### 1.5.2 Manfaat Bagi Perguruan Tinggi

1. Alat serta bahan yang telah di buat dapat di aplikasikan dalam sehari-hari sebagai pengganti energy listrik untuk menghidupkan lampu dc apabila terjadi mati lampu.
2. Penelitian ini di harapkan dapat membantu mahasiswa dalam praktikum tentang adanya campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*.
3. Penelitian ini diharapkan dapat membantu mahasiswa untuk mengetahui perbandingan campuran *polyurethane* dengan *graphene* dan asam fosfat dengan *graphene* untuk mendapatkan besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dalam pembuatan *solar cell*.

### 1.6 Metode Penelitian

Dalam penulisan skripsi, menggunakan beberapa metode untuk mengumpulkan data-data yang akan diperlukan untuk menyelesaikan skripsi ini.

#### 1. Metode Studi Pustaka

Penulis melakukan studi pustaka untuk memperoleh data-data yang berhubungan dengan skripsi dari berbagai sumber bacaan seperti: Jurnal, dan websaite yang berkaitan dengan judul yang di angkat sebagai referensi.

#### 2. Metode Prototype

Yaitu membuat alat dan bahan secara langsung dan menguji apakah alat dan bahan tersebut bekerja sesuai dengan keinginan.

#### 3. Metode Pengujian sistem

Yaitu melakukan pengujian alat dan bahan yang bertujuan untuk mengetahui apakah kinerja alat yang di buat sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.



## 1.7 Sistematika Penulisan

Skripsi ini tersusun atas beberapa bab pembahasan secara garis besar tentang, *graphene* , *asam fosfat*, *polyurethane*, dan *solar cell*.

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bab ini menguraikan secara singkat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan metodologi penelitian.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisikan pembahasan secara garis besar tentang, *graphene* , *asam fosfat*, *polyurethane*, *copper tape*, dan *solar cell*.

### **BAB III : METODOLOGI**

Pada bab ini akan menerangkan tentang lokasi penelitian, diagram alir/*flowchart* serta jadwal kegiatan dan hal-hal lain yang berhubungan dengan proses perancangan.

### **BAB IV : ANALISA DAN PENGUJIAN**

Pada bab ini berisi hasil perancangan material dan pengujiannya.

### **BAB V : PENUTUP**

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penulisan skripsi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

*Graphene solar cell* di buat dengan cara mengoleskan larutan *graphene polyurethane* dan asam fosfat dengan kuas ke media kaca dengan ukuran 10.5 x 5 cm yang sudah di temple copper tape dan allumunium foil yang di susun sedemikian rupa sebagai electrode kutup positif dan negative. Setelah itu, sepesimen di drying selama 4 jam untuk mengetahui pengaruh *polyurethane* dan asam fosfat terhadap tegangan, arus dan daya output yang dihasilkan antara 2 sample *graphene solar cell*.

Sintesis *graphene* menggunakan metode reduksi grafit oksida 40mg grafit oksida dilarutkan dalam 40ml aquades. Menurut Rahman Faiz Suwanda dan Diah Susanti, proses ini dilakukan hingga larutan menjadi homogen. Setelah larutan menjadi homogen, larutan di ultrasonikasi dengan *ultrasonic cleaner* yang memiliki kemampuan memancarkan gelombang ultrasonik sebesar 50/60 Hz. Ultrasonikasi dilakukan dalam waktu 90 menit. Akibat gelombang ultrasonik maka grafit oksida akan terkelupas menjadi *grapheneoksida* (GO). Lalu di tambahkan 37% HCl ke larutan GO dan di stirring. Selanjutnya di tambahkan Zn, sehingga terjadi gelembung-gelembung gas karena terjadi reduksi. Ketika gelembung berhenti, kembali ditambahkan HCl untuk menghilangkan ZnO yang merupakan pengotor, dari proses sintesis ini dihasilkan *graphene oksida* tereduksi [3].

*Graphene oksida* dibuat dengan metode *Hummers* yang dimodifikasi seperti yang dilaporkan di tempat lain. Menurut J. Shi. dkk, secara singkat, grafit (5,0 g) ditambahkan ke asam sulfat pekat (115 ml) aduk pada suhu kamar; kemudian menambahkan natrium nitrat (2,5 g), lalu campurannya didinginkan sampai 0 °C dengan direndam dalam air es. Untuk menjaga suhu sistem yang lebih rendah dari 20 °C, kalium permanganat (9.0 g) ditambahkan perlahan ke arah sistem di bawah agitasi yang kuat. Berturut-turut, sistem reaksi dipindahkan ke air 35 °C selama sekitar 2 jam, kemudian 400 ml air dan 20 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30%) ditambahkan bersama ke sistem, dan kemudian agitasi yang kuat selama sekitar 1 jam. Campurannya disaring dan dicuci dengan larutan air HCl 5% (2000 ml) diikuti oleh diulang mencuci dengan air untuk menghilangkan asam. Padatan yang dihasilkan tersebar di air dengan ultrasonication untuk membuat dispersi berair GO (2 g).[4]

*Graphene* telah diusulkan untuk menjadi elektroda transparan yang efektif untuk menggantikan *Indium Tin Oxide* (ITO) di sel surya sebagai *graphene* menunjukkan sifat yang sangat baik seperti resistansi lembaran rendah, transmitansi tinggi, properti mekanik yang baik, dan stabilitas termal dan kimia yang baik. Pada awal 2007, menurut Ananthkrishnan. H, para ilmuwan membuat sel surya polimer menggunakan *oksida graphene* yang dikurangi sebagai elektroda transparan dan mencapai PCE (Efisiensi Konversi Daya) sebesar 0,26%. Setelah itu, pendekatan deposisi uap kimia (CVD) telah digunakan oleh banyak kelompok untuk mensintesis film *graphene* satu atau beberapa lapisan dengan area luas untuk aplikasi pemanenan energi yang merupakan kemajuan signifikan dalam bidang ini. Efisiensi sel surya organik dengan elektroda *graphene* adalah 1,18%, yang dekat dengan sel surya organik dengan elektroda ITO (~ 1,27%).

Pada tahun 2011 peneliti menggunakan metode transfer lapis demi lapis untuk membuat film multilayer CVD *graphene* dengan lebih sedikit cacat dan resistan lembaran lebih rendah. Sel-sel surya organik dengan elektroda dari empat lapisan *graphene* memiliki PCE ditingkatkan hingga 2,5%, yang merupakan 83,3% dari PCE perangkat berbasis ITO. Untuk sel surya hibrida, itu menunjukkan penggunaan *graphene* sebagai elektroda konduktif transparan dengan struktur *graphene* organik silikon, yang memiliki PCE 10%. Namun, sel surya memiliki perangkat yang sangat kecil sekitar 0,1 cm<sup>2</sup>. [5]

*Graphene* sebagai elektroda counter Dye sensitized *solar cells* (DSSCs) menarik perhatian secara global karena biaya rendah, konversi energi yang tinggi efisiensi dan aplikasi potensial. *Graphene* telah banyak digunakan dalam sel fotovoltai organik (PV) karena karakteristik optik dan listriknya yang sangat baik, yang dieksploitasi dalam film konduktif transparan atau elektroda. Beberapa peneliti telah melaporkan pada komposit fotoelektrik TiO<sub>2</sub> di DSSCs. DSSCs dengan film TiO<sub>2</sub> komposit optimal dapat mencapai efisiensi konversi fotoelektrik 7,02%. *Graphene* juga umum digunakan dalam counter electrodes berbasis *graphene* di DSSCs. Elektroda counter konvensional adalah platinum (Pt) karena konduktivitasnya yang luar biasa, aktivitas katalitik, dan stabilitas ketika bersentuhan dengan elektrolit berbasis yodium. Pt yang mahal dapat diganti dengan film *graphene* di DSSC tanpa mengorbankan efisiensi photoelectrical secara signifikan. Penggantian ini hanya dapat mengurangi biaya proses fabrikasi. Elektroda penukar bebas Pt dikembangkan baru-baru ini dengan menggunakan nanopartikel nikel yang didukung *graphene* sebagai katalis, dan efisiensi sel surya

yang sesuai mengalami peningkatan 10% dibandingkan dengan DSSC berbasis Pt.[5]

Peneliti menumbuhkan DSSC dengan elektroda counter berbasis *graphene*, yang menunjukkan efisiensi konversi fotoelektrik setinggi 6,81%. Double-layer photoelectrodes telah digunakan untuk meningkatkan efisiensi konversi photoelectrical dari DSSCs. Banyak penyelidikan telah berfokus pada memodifikasi struktur nano dari fotoelektrik TiO<sub>2</sub> ke nanospheres, nanospindles, nanorods, nanowires, dan lain-lain. Banyak struktur nano khusus dari photoelectrodes dapat meningkatkan hamburan cahaya dan meningkatkan kinerja DSSCs. Pekerjaan ini mengembangkan struktur sandwich TiO<sub>2</sub> - *graphene*- TiO<sub>2</sub> baru untuk photoelectrodes. Lapisan tipis *graphene* dimasukkan ke dalam lapisan fotoelektroda TiO<sub>2</sub> tradisional, membuatnya menjadi lapisan ganda.

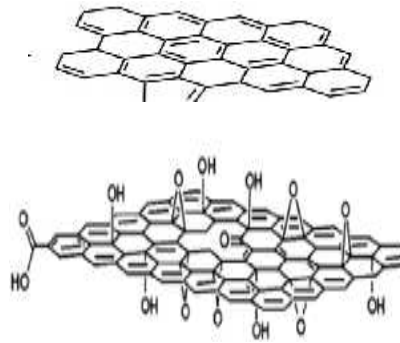
Menurut Indra. C. Pradana, DSSCs dengan struktur tradisional juga dibuat dan karakteristik dari DSSC yang telah disiapkan dibandingkan. DSSC dengan struktur sandwich TiO<sub>2</sub> -*graphene*- TiO<sub>2</sub> menunjukkan kinerja yang sangat baik dan efisiensi konversi fotoelektrik yang lebih tinggi. Peningkatan ini dikaitkan dengan peningkatan efisiensi transportasi elektron dan penyerapan cahaya dalam rentang yang terlihat.[6]

## 2.2 Graphene

*Graphene* adalah material yang paling tipis yang dapat kita bayangkan sekaligus yang paling kuat di antaranya. Menurut Effelina. V, *graphene* bersifat seperti karet dan tahan dari liquid dan gas. Karena strukturnya yang begitu rapi *graphene* dapat di gunakan sebagai saringan super detail, karena atom-atom besar



tidak lewat di antaranya. Ini adalah bagian dari teknologi nano. Strukturnya yang tipis dan juga seperti sarang lebah yang membuatnya menjadi material yang merekat satu sama lain.[7]



**Gambar 2.1.** Struktur pori-pori *graphene Oksida*.

Struktur sarang lebah GO mengandung beberapa kelompok fungsional seperti karboksilat dan karbonil terletak di tepinya, serta gugus hidroksil dan epoksi di permukaannya. Ini fungsional kelompok berkontribusi terhadap sifat pengisolasian hidrofilik dan elektrik GO yang unik, yang dapat terjadidikendalikan dengan memanipulasi kandungan oksigen. Aplikasi GO dalam Photonics termasuk penggunaannya sebagai SA pada laser serat berdenyut, dan sebagai elemen fungsional pada polarisasi pandu gelombang optik dan modulator.

### 2.3 Copper Tape ( Pita Tembaga)

Pita tembaga mengacu pada strip tembaga tipis, sering didukung dengan perekat. Pita tembaga dapat ditemukan di sebagian besar perangkat keras. Pita tembaga digunakan untuk elektromagnetik atau permukaan transmisi permukaan mount rendah-profil dalam elektronik dan dalam produksi lampu tiffany. Itu datang dalam dua bentuk; perekat konduktif dan perekat non-konduktif (yang lebih umum)

Pita tembaga memiliki banyak sekali aplikasi dalam elektronik yang menciptakan jejak profil rendah untuk komponen elektrik hingga perisai RF dan pembuatan antena. Pita tembaga bahkan digunakan untuk bergabung bersama-sama menggunakan solder, seperti kaca patri pada lampu Tiffany.

#### A. Sifat Kimia

Copper tape pada dasarnya tersusun dari tembaga. Menurut Kundari N. A, tembaga (Cu) adalah logam dengan nomor atom 29, massa atom 63,546, titik lebur 1083 °C, titik didih 2310 °C, jari-jari atom 1,173 Å dan jari-jari ion  $\text{Cu}^{2+}$  0,96 Å. Tembaga adalah logam transisi (golongan I B) yang berwarna kemerahan, mudah regang dan mudah ditempa. Tembaga bersifat racun bagi makhluk hidup. Isoterm adsorpsi merupakan suatu keadaan kesetimbangan yaitu tidak ada lagi perubahan konsentrasi adsorbat baik di fase terserap maupun pada fase gas atau cair. Isoterm adsorpsi biasanya digambarkan dalam bentuk kurva berupa plot distribusi kesetimbangan adsorbat antara fase padat dengan fase gas atau cair pada suhu konstan. Isoterm adsorpsi merupakan hal yang mendasar dalam penentuan kapasitas dan afinitas adsorpsi suatu adsorbat pada permukaan adsorben.[8]

Menurut M. Napitupulu, tembaga tidak diserang oleh air atau uap air dan asam-asam *nooksidator* encer seperti HCl encer dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  encer. Tetapi asam klorida pekat dan mendidih menyerang logam tembaga dan membebaskan gas hidrogen. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya ion kompleks  $\text{CuCl}_2^-(\text{aq})$  yang mendorong reaksi kesetimbangan bergeser ke arah produk.[9]

Tembaga tidak bereaksi dengan alkali, tetapi larut dalam amonia oleh adanya udara membentuk larutan yang berwarna biru dari kompleks  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^+$ . Tembaga

panas dapat bereaksi dengan uap belerang dan halogen. Bereaksi dengan belerang membentuk tembaga(I) sulfida dan tembaga(II) sulfida dan untuk reaksi dengan halogen membentuk tembaga(I) klorida, khusus klor yang menghasilkan tembaga(II) klorida.

Menurut Fitriyanti dkk, reaksi kimia dapat diamati dengan habisnya zat yang bereaksi disertai dengan produk baru yang dihasilkan. Suatu reaksi kimia dihasilkan dengan perbandingan massa yang tetap sesudah dan sebelum hasil reaksi. Seperti hilangnya tembaga(Cu) pada saat ditambahkan  $\text{HNO}_3$ . Peristiwa ini dapat terjadi karena adanya interaksi antara molekul Cu dengan molekul  $\text{HNO}_3$ . Pada tahap pelarutan tembaga dengan  $\text{HNO}_3$ , terbentuk gas NO yang kemudian teroksidasi oleh oksigen diudara menjadi gas  $\text{NO}_2$  yang berwarna coklat. Hal ini merupakan gas  $\text{NO}_2$  yang berbahaya dengan bau yang sangat menyengat.[10]

#### B. Sifat Fisika

Copper tape tembaga merupakan logam yang berwarna kuning seperti emas dengan perekat baik konduktif maupun perekat tidak konduktif. Copper tape mudah dibentuk karena sifatnya yang elastis, copper tape juga merupakan konduktor yang baik karena mengandung logam.

### 2.4 Aluminium Foil

Aluminium foil terbuat dari bauksit (Bauxite), sejenis endapan bijih besi yang mengandung Aluminium Oxide (alumina) dan Silikat (silicates). Bauksit kebanyakan berasal dari Amerika bagian Utara, Australia dan Eropa bagian Utara. Empat kilogram Bauksit dapat digunakan untuk memproduksi sekitar 2 (dua) kilogram Aluminium Oxide (alumina), dengan konsumsi sekitar 8

(delapan) kilowatt listrik, dapat menghasilkan 1 (satu) kilogram aluminium murni atau aluminium alloy. Aluminium murni (alloy) sangat lembut, bersih, berwarna putih agak keperakan (silvery white), dan perbandingannya dengan Logam ringan itu sekitar satu sampai tiga kali dari berat baja.

Menurut Masyrukan, aluminium adalah sejenis logam yang setelah melalui beberapa proses, disusun menjadi lembaran tipis dengan ketebalan kurang dari 0,2 mm, di Amerika 8 mils. Lembaran aluminium dengan ketebalan kurang dari 150 micron dinamakan foil. Aluminium foil adalah lapisan dari “alloy” yang mengandung 99.4 % aluminium. Aluminium foil dibuat dalam berbagai bentuk tergantung penggunaan atau hasil akhirnya. Aluminium foil bersifat rapuh dan kadang-kadang dijadikan laminasi plastic atau kertas untuk membuatnya lebih berguna.

Aluminium (Al) adalah salah satu logam non ferro yang memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah memiliki berat jenis yang ringan, ketahanan terhadap korosi, dan mampu bentuk yang baik.[11]

#### A. Sifat Kimia

Aluminium foil merupakan salah satu hasil produksi yang berbahan dasar aluminium. Aluminium jenis foil rata-rata mengandung aluminium sebesar 92-99%. Aluminium sendiri biasanya terbuat dari bahan bauksite, silikat dan alumina.

#### B. Sifat Fisika

Sifat dan kandungan aluminium yang ada di dalam kertas ini membuat perambatan panas menjadi lebih mudah untuk dilakukan. Menurut N.M. Ariani dan L. Mahmudah, lembaran aluminium jenis foil pada dasarnya bersifat rapuh

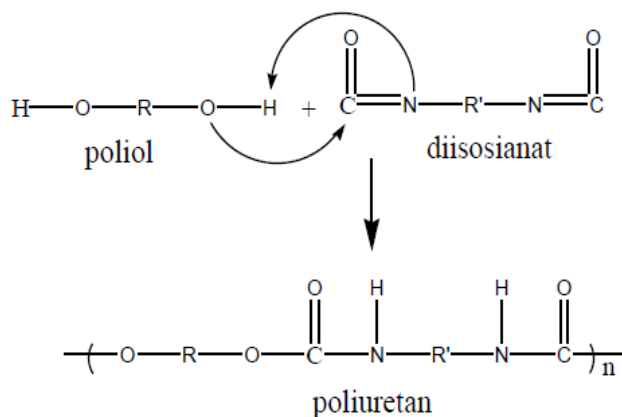
dan mudah sekali untuk lecek (hal ini mudah sekali untuk anda lihat ketika kertas aluminium jenis foil yang akan berbunyi nyaring ketika diremas) Foil adalah bahan tipis dari logam yang digulung dengan ketebalan kurang dari 0,15 mm dan memiliki lebar 1,52 meter hingga 4,06 meter. Umumnya foil tidak murni berbasis logam. Karakteristik aluminium foil kuat, ringan, tahan panas, dan hampir kedap udara, tidak mengandung magnet. Kedap terhadap oksigen membuat aluminium foil merupakan kemasan ideal.[12]

## 2.5 Polyurethane

Menurut K. Zhang, *polyurethane* adalah suatu bahan campuran atau hasil pengisolan antara karet dan plastik sehingga didapatkan pelarutan material yang memiliki keunggulan sangat tahan gesek, tahan haus, tahan terhadap beberapa kimia ringan, stabil dalam suhu dingin dan panas. Kimia suatu bahan atau campuran yang didalamnya terdapat kandungan nitrogen, karbon dioksida dan oksigen, *polyurethane* merupakan bahan *polymeric* yang mengandung berbagai kumpulan urethane ( $\text{-NH-CO-O-}$ ) yang terbentuk dari reaksi antara polyol (alkohol dengan lebih dari dua grup hidrotoksil reaktif per molekul) dengan *diisocyanate* atau *polymeric isocyanate* dengan ketersediaan katalis yang sesuai serta bahan-bahan tambahan. Poliuretan memberikan termoplastik dan termoset untuk banyak aplikasi seperti perekat, sealant, pelapis, komoditas, otomotif, kemasan, dan insulasi bahan [13].

*Polyurethane* (PUR dan PU) adalah polimer yang terdiri dari unit organik yang bergabung dengan karbamat (uretan). Sementara kebanyakan *polyurethane* adalah polimer thermosetting yang tidak meleleh saat dipanaskan, poliuretan termoplastik juga tersedia. *Polyurethane* polimer secara tradisional dan paling

umum dibentuk dengan mereaksikan di atau poli isosianat dengan poliol dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Ikatan Uretan dan Reaksi Pembentukan *Polyurethane*.

Menurut Javni. I, baik isosianat dan poliol yang digunakan untuk membuat poliuretan mengandung, rata-rata, dua atau lebih gugus fungsional per molekul . Beberapa upaya baru-baru ini patut dicatat telah didedikasikan untuk meminimalkan penggunaan isosianat untuk mensintesis poliuretan, karena isosianat menimbulkan masalah toksisitas berat. *Polyuretan* berbasis non-isosianat (NIPU) baru-baru ini dikembangkan sebagai kelas baru polimer poliuretan untuk mengurangi masalah kesehatan dan lingkungan. [14]

### **Karakteristik *Polyurethane***

Menurut Dimitrios D. G, koefisien rambatan panas yang dihasilkan oleh *polyurethane* hanya sekitar 0,017. Itu pertanda bahwa setelah ditemplei *polyurethane*, kapasitas panas yang diteruskan ke suatu bangunan sangat sedikit [15]. *Polyurethane* terfluorinasi dua komponen yang dibuat dengan mereaksikan poliol terionisasi FEVE dengan poliisosianat telah digunakan untuk membuat cat dan pelapis. Karena poliuretan terfluorinasi mengandung persentase yang tinggi dari ikatan fluorin-karbon, yang merupakan ikatan terkuat di antara semua ikatan

kimia, poliuretan terfluorinasi menunjukkan ketahanan terhadap UV, asam, alkali, garam, bahan kimia, pelarut, pelapukan, korosi, jamur dan serangan mikroba. Ini telah digunakan untuk pelapis dan cat yang berkinerja tinggi.

## 2.6 Asam Fosfat (Phosphoric Acid)

Menurut I. W. Suirta dkk, asam fosfat lebih efektif digunakan dalam menguraikan sabun yang terdapat dalam crude gliserol dibandingkan jenis asam lainnya seperti HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Hal tersebut dikarenakan kekuatan asam fosfat lebih lemah dibandingkan jenis asam lain sehingga mampu mengikat lemak lebih tinggi. Selain itu, asam fosfat banyak digunakan dalam proses penghilangan gum pada minyak[16].

Menurut M. A. Hasyim, bahan campuran elektrolit terdiri dari 2 gram polyvinyl alcohol dalam 50 ml air sulingan dan kemudian diaduk pada 70°C selama 8 jam. Asam Fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) kemudian ditambahkan dengan presentase yang berbeda (10%-50%) pada kelipatan 10 sampai presentase yang diinginkan tercapai (contohnya 50%). Hal ini dilakukan karena konduktivitas optimalnya telah dipastikan. Sampel kemudian dikeringkan hingga 14 hari pada suhu ruangan [17].

Menurut N.F. Jackson dkk, elektrolit yang dibuat terdiri dari konsentrasi asam sulfur yang mampu menahan pertumbuhan kristal dan fungsi ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan sedikit asam fosfat [18].

Elektrolit Gel Polimer konduktif proton telah diusulkan, dimana hal itu telah menjadi sumber proton yang baru, fosfat difenil telah digunakan. Menurut A. A. Latoszynska, pengaplikasian ester asam fosfat sebagai pengganti asam

memungkinkan penambahan operasi tegangan sampai dengan 1.3 V (1 V untuk  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) dan mencapai konduktifitas (pada  $20^\circ\text{C}$   $3.1 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$ ) sebuah urutan besaran yang lebih tinggi daripada asam. Sifat mekanis dari Elektrolit Gel Polimer memungkinkan penggantian separator pada sel kapasitor [19].

## 2.7 Solar cell

Energi listrik dapat dibangkitkan dengan mengubah sinar matahari melalui sebuah proses yang dinamakan photovoltaic (PV). Menurut R. A. Chenni dkk, photo merujuk kepada cahaya dan voltaic merujuk kepada tegangan. Terminologi ini digunakan untuk menjelaskan sel elektronik yang memproduksi energi listrik arus searah dari energi radian matahari seperti ditunjukkan pada gambar 1 berikut ini. Photovoltaic cell dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai cell maka elektron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan. Sel surya selalu didesain untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan.

Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Sama seperti Dioda Foto (Photodiode), Sel Surya atau *Solar cell* ini juga memiliki kaki Positif dan kaki Negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik [20].



Menurut S. Youness dkk, unjuk kerja dari photovoltaic cell sangat tergantung kepada sinar matahari yang diterimanya. Kondisi iklim (misal awan dan kabut) mempunyai efek yang signifikan terhadap jumlah energi matahari yang diterima sel sehingga akan mempengaruhi pula unjuk kerjanya seperti dibuktikan dalam penelitian [21].

Saat ini, telah banyak yang mengaplikasikan perangkat Sel Surya ini ke berbagai macam penggunaan. Mulai dari sumber listrik untuk Kalkulator, Mainan, pengisi baterai hingga ke pembangkit listrik dan bahkan sebagai sumber listrik untuk menggerakkan Satelit yang mengorbit Bumi kita.

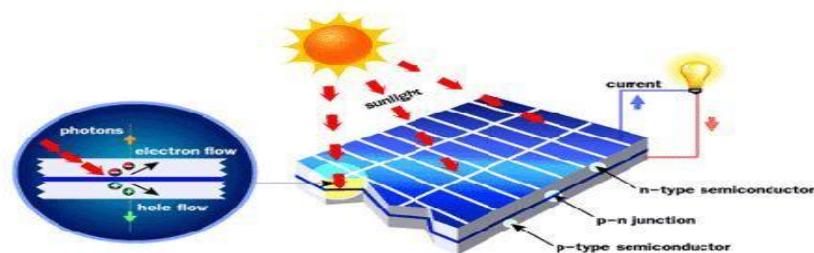
### **Prinsip Kerja Sel Surya (*Solar cell*)**

Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan Foton. Ketika terkena sinar Matahari, Foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan Elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan “hole” dengan muatan Positif (+).

Menurut M. Syukri, daerah Semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai Pendorong elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan Semikonduktor tipe N (N-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan Hole bersifat Positif dan bertindak sebagai Penerima (*Acceptor*) elektron

yang dinamakan dengan Semikonduktor tipe P (P-type). Di persimpangan daerah Positif dan Negatif (PN Junction), akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah Negatif sedangkan Hole akan bergerak menjauhi daerah Positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di Persimpangan Positif dan Negatif (PN Junction) ini, maka akan menimbulkan Arus Listrik [22].

Menurut M. A. P. Pradana dan Tjendro, peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang [23].



**Gambar 2.3** Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction.

## Rangkaian Seri dan Paralel Sel Surya (*Solar cell*)

Seperti Baterai, menurut M. Suyanto, sel Surya juga dapat dirangkai secara Seri maupun Paralel. Pada umumnya, setiap Sel Surya menghasilkan Tegangan sebesar 0,45 ~ 0,5V dan arus listrik sebesar 0,1A pada saat menerima sinar cahaya yang terang. Sama halnya dengan Baterai, Sel Surya yang dirangkai secara Seri akan meningkatkan Tegangan (Voltage) sedangkan Sel Surya yang dirangkai secara Paralel akan meningkatkan arus [24].



**Gambar 2.4** Rangkaian paralel dan seri pada solar cell

## Komponen Solar cell

Suatu rangkaian *Solar cell* terdiri dari komponen-komponen penting yang dapat memaksimalkan kerja dari rangkaian *solar cell* tersebut, komponen-komponen tersebut ialah:

### 1. Panel Surya

Panel sel surya mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik. Menurut M. Rif dkk, panel sel surya menghasilkan arus yang digunakan untuk mengisi baterai. Panel sel surya terdiri dari photovoltaic, yang menghasilkan

listrik dari intensitas cahaya, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Dengan menambah panel sel surya (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya. Umumnya panel sel surya dengan ukuran tertentu memberikan hasil tertentu pula. Berikut adalah jenis panel surya :

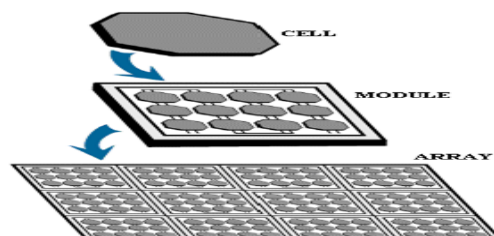
- Monokristal

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari nya kurang (teduh), efisiensinya akan berkurang juga.

- Polikristal

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Type Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

Dari kedua teknologi itu dapat dibedakan dengan tingkat efisiensinya dan monokristal merupakan fotovoltaiik yang memiliki efisiensi tertinggi saat ini, namun dari segi ekonomi masih sangat mahal dibandingkan dengan polikristal.



**Gambar 2.5** Cell surya, module surya dan array

suatu panel *solar cell* tersusun dari cell-cell surya kemudian terbentuk modul-modul surya dan dari modul surya terbentuk dalam satu array. dari setiap cell mempunyai tegangan dan daya masing-masing sehingga bila kita rangkai atau kita susun maka akan terbentuk kapasitas *solar cell* yang kita butuhkan [25].

Hubungan seri suatu modul fotovoltaik didapat apabila bagian depan (+) sel surya utama dihubungkan dengan bagian belakang (-) sel surya kedua atau sebaliknya. Dari keadaan seri ini didapatkan tegangan *solar cell* dijumlahkan apabila dihubungkan seri  $V_{total} = V_1 + V_2 + V_3$  dsb. Arus *solar cell* sama apabila dihubungkan seri satu sama lain:  $I_{total} = I_1 = I_2 = I_3 = \text{dsb}$

Menurut I. Maysha dkk, rangkaian paralel modul fotovoltaik di dapat apabila terminal kutub positif dan negatif sel surya dihubungkan satu sama lain. Tegangan sel surya yang dihubungkan paralel sama dengan satu sel surya. Arus yang timbul dari hubungan ini langsung di jumlah  $I_{TOTAL} = I_1 + I_2 + I_3 + I_n$ . [26].

## 2. Charge controller

Charge control atau charge regulator merupakan komponen penting pada rangkaian *solar cell*, dimana charge control mempunyai fungsi utama yakni menjaga atau mengamankan komponen penting pada rangkaian *solar cell* yaitu Baterai.

Umumnya *solar cell* yang tegangan 12 volt mempunyai tegangan output 16-21 volt, sehingga apabila tidak menggunakan Charge Control maka baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan yang dikeluarkan oleh *solar cell*. dan baterai 12 volt di charge pada tegangan 14 -14.7 volt.



**Gambar 2.6** Solar charge controller

Fungsi detail dari charge control adalah sebagai berikut :

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai , menghindari overcharging, dan overvoltage.
2. Mengatur arus yang diambil dari baterai agar baterai agar tidak full discharge dan overloading.
3. Memonitor temperature dan suhu baterai.

Menurut Subandi dan S. Hani, solar charge controller biasanya terdiri dari 1 input yang terhubung dengan out put solar cell, 1 output yang terhubung dengan baterai atau aki dan output yang terhubung dengan beban loud DC. Arus listrik DC baterai tidak mungkin masuk ke solar cell karena biasanya sudah terpasang diode protection yang berfungsi melewatkan arus solar cell ke baterai bukan sebaliknya [27].

### **3. BATERAI**

Baterai merupakan peralatan penting pada suatu pembangkit listrik tenaga surya. Menurut Rusman, baterai menyimpan energi listrik yang diterimanya pada siang hari dan akan di keluarkan pada malam hari untuk melayani beban terutama untuk penerangan. Disamping itu daya juga digunakan untuk menyediakan beban saat tidak ada cahaya matahari dan harus pula meratakan perubahan – perubahan yang terjadi pada beban [28].

Baterai adalah perangkat yang dapat mengonversi energi kimia yang terkandung pada bahan aktif komponen penyusun baterai menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia reduksi dan oksidasi. Reaksi reduksi adalah reaksi penambahan elektron dan penurunan bilangan oksidasi, sedangkan reaksi oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron dan penambahan bilangan oksidasi.

Terdapat dua klasifikasi baterai, yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer adalah baterai yang tidak dapat diisi ulang dan hanya dapat digunakan sekali pakai, sedangkan baterai sekunder adalah baterai yang dapat digunakan berkali-kali karena dapat diisi ulang (rechargeable). Menurut A. Satriady dkk, kemampuan baterai sekunder untuk diisi ulang dikarenakan reaksi elektrokimianya yang bersifat reversible sehingga baterai sekunder dapat mengonversi energi kimia menjadi energi listrik pada proses discharging dan mengonversi energi listrik menjadi energi kimia pada proses charging [29].

Hal – hal yang perlu mendapat perhatian dari peralatan baterai ini adalah:

a) Kapasitas

Satuan kapasitas suatu baterai adalah ampere hour (Ah). Biasanya informasi ini terdapat pada label suatu baterai, misalnya suatu baterai dengan kapasitas 100 Ah akan penuh terisi dengan arus 1 ampere selama seratus (100) jam.

b) Penerimaan arus pengisian yang kecil

Baterai harus dapat diisi dengan arus pengisian yang agak kecil (pada cuaca yang jelek sekalipun), sehingga tidak ada energi surya yang terbuang begitu saja.

c) Efisiensi Ah ( $\eta$  Ah)

Baterai menyimpan dengan jumlah ampere hour, dengan suatu efisiensi Ah ( $\eta$  Ah) dibawah 100 % (biasanya 90 %).

d) Efisiensi Wh ( $\eta$  Wh)

Efisiensi Wh ( $\eta$  Wh) adalah suatu perbandingan energi yang ada dan yang dapat dikeluarkan. Efisiensi Wh ( $\eta$  Wh) selalu lebih rendah dari efisiensi Ah ( $\eta$  Ah) dan biasanya  $\pm 80 \%$ .

Hal – hal yang perlu mendapat perhatian dalam memilih suatu baterai adalah:

- ø Jenis baterai, gunakan jenis baterai untuk PLTS dengan kapasitas yang mampu memberikan *Depth of Discharge (DOD)*, yaitu kapasitas minimal yang boleh dikeluarkan (*discharge*) dari baterai. Umumnya diambil  $DOD = 0,8$ ).
- ø Tegangan yang dipersyaratkan.
- ø Jadwal waktu pengoperasian dan mampu memasok energi selama 3 – 4 hari.
- ø Kapasitas (Ah).
- ø Suhu pengoperasian.
- ø Ukuran, bobot dan umur baterai yang mampu mencapai 2 – 4 tahun.

#### 4. INVERTER

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (Direct Current) menjadi tegangan AC (Alternating Current). Menurut Rusman, output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus, gelombang kotak, dan sinus modifikasi. Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan battery, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa step up transformer [28].

### 2.8 Perbandingan Campuran Polyurethane Dengan Graphene dan Asam Fosfat Dengan Graphene Untuk Mendapatkan Besarnya Tegangan dan Arus Listrik Yang Dihasilkan Dalam Pembuatan Solar Cell.



Pada penelitian ini terdapat 2 sample campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Sample campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A menggunakan *polyurethane* lebih sedikit dari sample campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B, *polyurethane* berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan oleh *graphene* dalam pembuatan *solar cell*, akan tetapi pada sample campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A menggunakan asam fosfat lebih banyak dari pada sample campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B. Asam fosfat pada *graphene* dalam pembuatan *solar cell* sangat berpengaruh pada arus listrik yang dihasilkan. Penelitian ini membahas mengenai perbandingan campuran *polyurethane* dengan *graphene* dan asam fosfat dengan *graphene* untuk mendapatkan besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dalam pembuatan *solar cell*.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian di laksanakan di Laboratorium Kampus III Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Glugur Darat II Medan. Waktu Penelitian di rencanakan berlangsung selama lebih kurang 4 (empat) bulan, dimulai dari perencanaan bahan, pembuatan material, pengujian, dan pengambilan data pengujian.

#### 3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

##### 3.2.1 Bahan- Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk campuran pada *graphene* untuk pembuatan solar cell ini yaitu :

1. Serbuk *graphene* sebagai bahan pendonor yang menyerap energy matahari.
2. Copper tape sebagai electrode kutup positif.
3. Alluminium foil sebagai electrode kutup negative.
4. *Polyurethane* sebagai perekat antara copper tape, alluminium foil dan *graphene* pada media kaca.
5. Phosphoric Acid (Asam posfat) sebagai elektrolit.
6. 2 buah plat kaca ukuran 10,5 x 5 cm sebagai media *graphene solar cell*.

### 3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan penunjang yang di gunakan untuk membuat *graphene solar cell* sebagai energy terbarukan.

1. Multimeter sebagai pengukur dan pengetesan komponen yang mengacu pada besaran arus dan tegangan
2. Ruler digunakan untuk mengukur copper tape dan alluminium foil yang di gunakan.
3. Lem digunakan sebagai perekat copper tape dan alluminium foil..
4. Gunting untuk memotong copper tape dan alluminium foil.
5. Kain digunakan untuk membersihkan media kaca.

## 3.3 Tahapan Perancangan Material

### 3.3.1 *Graphene*

*Graphene* berfungsi sebagai, bahan pendonor yang menyerap energi matahari yang masuk dan melepaskan elektron berenergi, dan bahan akseptor yang mengambil elektron-elektron itu dan membawa mereka ke elektroda, di mana mereka keluar dari perangkat sebagai arus listrik.

Pembuatan *graphene* dari serbuk graphite powder yaitu dengan cara sintesis kimia dengan banyak cara methode salah satunya adalah dengan metode hummer's :

1. Siapkan graphite powder
2. Potassium permanganate
3. Sulphuric acid
4. Hydrogen peroxide

5. Distilled water
6. Hot plate magnetic stirrer
7. Ice batch
8. Jar atau gelas ukur kimia

### PROSEDUR PEMBUATAN

Letakkan ice bath di atas hot plate magnetic stirrer, dan masukan jar ke dalam ice batch tersebut, kemudian masukan 50 ml *sulphuric acid* kedalam jar, setelah satu jam masukan 1.5gr *graphite powder* stirrer sampai satu jam, setelah satu jam tambahkan 4.5gr *pottasium permanganate* secara perlahan lahan, karena akan ada reaksi kimia, suhu plat harus terjaga di bawah 20 °C dan stirrer selama 3 jam, angkat ice batch setelah 20 menit stirrer, setelah 3 jam stirrer, tambahkan 55ml air destilisasi ke dalam jar setetes demi setetes agar tidak terjadi reaksi kimia yang berlebihan yang mengakibatkan panas, sehingga kita harus mengatur suhu plat 50°C untuk memulai proses oksidasi. Kemudian stirrer hingga berubah warna menjadi kecoklatan yang menunjukkan pembentukan *graphene* oksida. Tambahkan lagi 100ml air destilisasi untuk mengoksidasi *graphite* jika ada yang tertinggal. Pada langkah terakhir, tambahkan 5ml hidrogen peroksida untuk menghilangkan jumlah *potassium permanganat* yang berlebihan atau dengan sederhana untuk menghentikan reaksi. Kemudian diamkan sampai serbuk *graphene* mengendap kebawah, setelah mengendap buang air tersebut dan kemudian di keringkan sehinggal menjadi bubuk *graphene*.

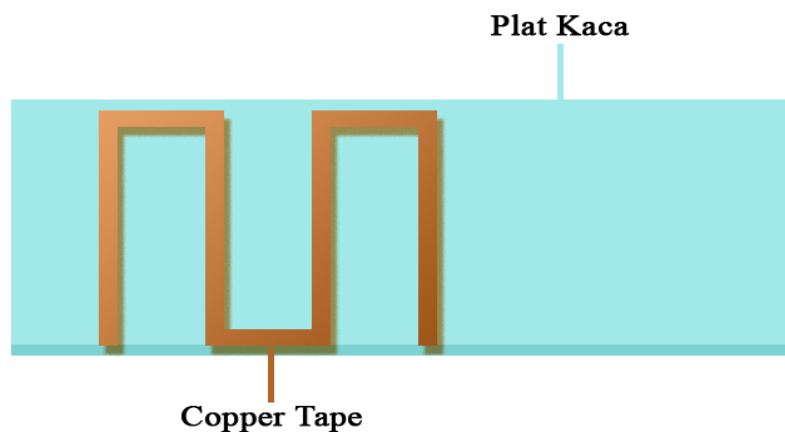
#### 3.3.2 Copper Tape

Copper tape atau pita tembaga merupakan tembaga yang mudah di bentuk dan memiliki perekat di salah satu sisinya, baik perekat konduktif maupun non

konduktif. Pada penelitian ini coper tape yang digunakan memiliki perekat non konduktif dan ukuran 3 mm. Copper tape ini di lengketkan ke media kaca dan di bentuk sedemikian rupa sehingga membentuk seperti huruf M.

### Prosedur Kegunaan

Gulungan copper tape dengan lebar 3mm dipotong dengan ukuran 3.5 cm sebanyak 4 buah, dan copper tape dengan ukuran 0.5 cm sebanyak 3 buah. Kemudian copper tape tersebut dirangkai ke media kaca sehingga membentuk seperti huruf M. Copper tape pada campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* ini digunakan sebagai elektroda kutup positif atau anode.



**Gambar 3.1** Copper tape dan plat kaca

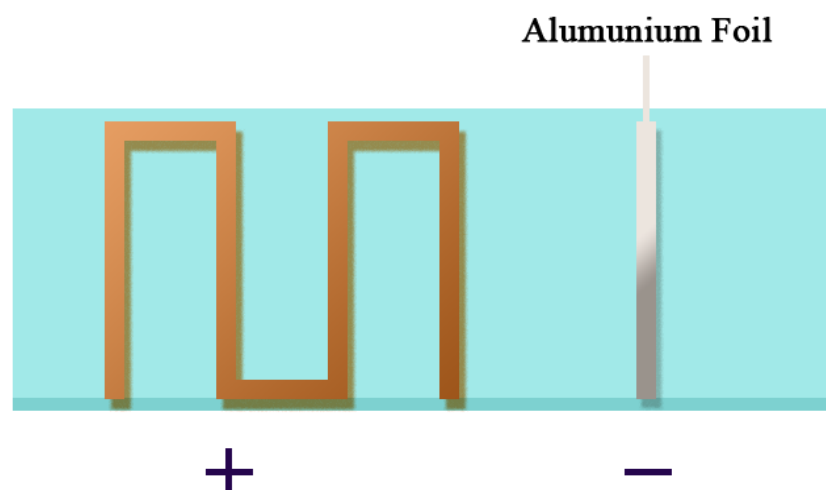
### 3.3.3 Alluminium Foil

Alluminium Foil merupakan lembaran tipis yang 99% mengandung alluminium. Alluminium foil memiliki ketebalan 0.2 mm dan juga merupakan penghantar yang baik. Sama seperti copper tape alluminium foil diletakkan ke media kaca dan di rangkai seperti huruf I. Sifat dan kandungan aluminium yang

ada di dalam kertas ini membuat perambatan panas menjadi lebih mudah untuk dilakukan.

### Prosedur Kegunaan

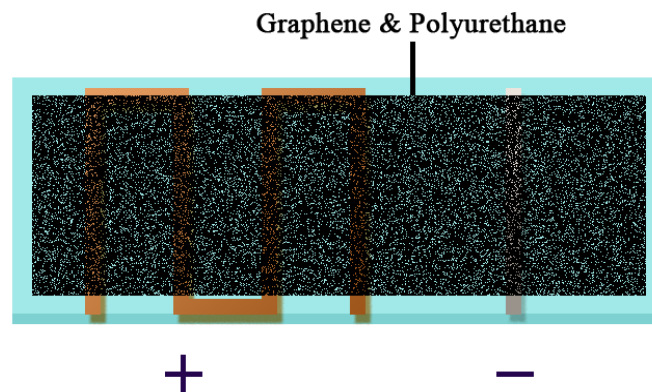
Lembaran alluminium foil yang memiliki ketebalan 0.2mm di potong dengan ukuran panjang 3.5cm dan lebar 0.5cm kemudian rekatkan lem pada satu sisinya agar mudah menempel ke media kaca. Disini alluminium foil berfungsi sebagai katoda atau elektroda kutup negative dengan panjang 3.5 cm dan lebar 5mm, hanya saja untuk merekatkan alluminium foil menggunakan media lem sebagai perekat ke permukaan kaca.



**Gambar 3.2** Plat kaca dengan copper tape dan alluminium foil

### 3.3.4 Polyurethane

*Polyurethane* berfungsi sebagai perekat antara campuran *graphene*, *copper tape* dan *alluminium foil* ke lempengan kaca. selain itu, *Polyurethane* juga memiliki cairan elektrolit namun tidak terlalu baik. Sehingga pada dasarnya *polyurethane* berfungsi sebagai pelindung *graphene* agar kualitasnya tidak menurun.



**Gambar 3.3** *Graphene* dan *polyurethane* yang telah terikat dengan kaca.

### PROSEDUR KEGUNAAN

*Polyurethane* akan di campurkan dengan *graphene* powder dengan perbandingan 3 mili *polyurethane* dan 0,75 gr *graphene* powder yang kemudian di stirrer sampai merata, setelah merata kemudian *graphene* dan *polyurethane* tadi langsung di oleskan ke media kaca yang sudah terdapat copper tape dan alluminium foil, karena sifat *polyurethane* yang mudah cepat mengering dan sangat melekat, diamkan atau keringkan sekitar 3 sampai 4 jam agar mendapatkan hasil yang maksimal, pengeringan juga harus di tempat yang terhindar dari debu atau di tempat yang bersih agar kotoran-kotoran tersebut tidak merusak struktur onduktivitas *grapehene*. Terlihat Pada gambar 3.3 *Polyurethane* telah mengikat serbuk *grapehne* ke plat kaca.

#### 3.3.5 Phosporic Acid

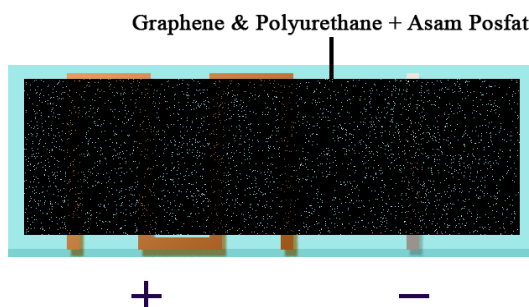
*Phosporic acid* berfungsi sebagai elektrolit pada campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* yang akan mereaksi ion positif dan negatif yang terdapat pada *graphene*, ketika terkena panas matahari ion positif dan negatif akan tertarik ke elektroda.

## PROSEDUR KEGUNAAN

Phosphoric acid ada dua jenis yaitu :

1. Phosphoric acid analis
2. Phosphoric acid teknis

Dalam penelitian ini menggunakan *phosphoric acid* analis karena memiliki kemurnian yang sangat tinggi di bandingkan dengan phosphoric acid teknis dengan konsntrat 85%, dengan konsentrat yang tinggi ini bisa kita manfaatkan sebagai cairan elektrolit pada media *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Tetesi 1 ml cairan phosphoric acid ke dalam larutan *graphene* dan *polyurethane*, kemudian di aduk hingga semua tercampur rata. Setelah itu oles ke media kaca yang sudah terdapat copper tape dan alluminium foil.



Gambar 3.4 *Graphene* dan *Polyurethane* + Asam Posfat.

### 3.3.6 Plat Kaca

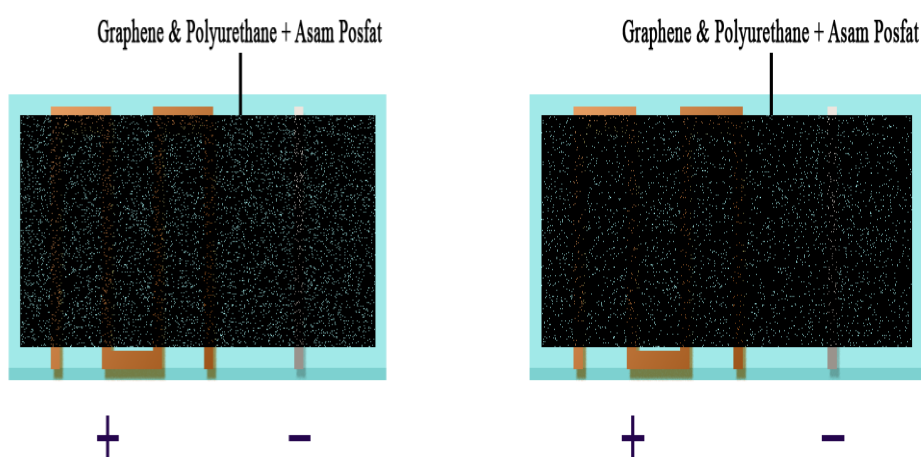
Pada penelitian ini digunakan 2 buah media kaca sebagai perbandingan antara campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Plat kaca yang di gunakan berukuran 10.5 x 5 cm dengan ketebalan 3mm. Plat kaca di gunakan karena memiliki bentuk permukaan yang rata dan sangat bagus dalam menyerap panas matahari.



### Prosedure Kegunaan

Campuran *graphene* dengan *polyurethane* dan campuran *graphene* dengan asam fosfat dalam pembuatan solar cell pada sample A di buat menggunakan campuran antara bubuk *graphene polyurethane* dan asam posfat dengan perbandingan 0,75 gr *graphene powder*, 1ml *polyurethane* dan 1 ml asam fosfat atau 30 tetes menggunakan pipet tetes kemudian di aduk hingga merata dan di oles ke plat kaca yang sudah terdapat copper tape dan alluminium foil sebagai electrode kutup positif dan negative.

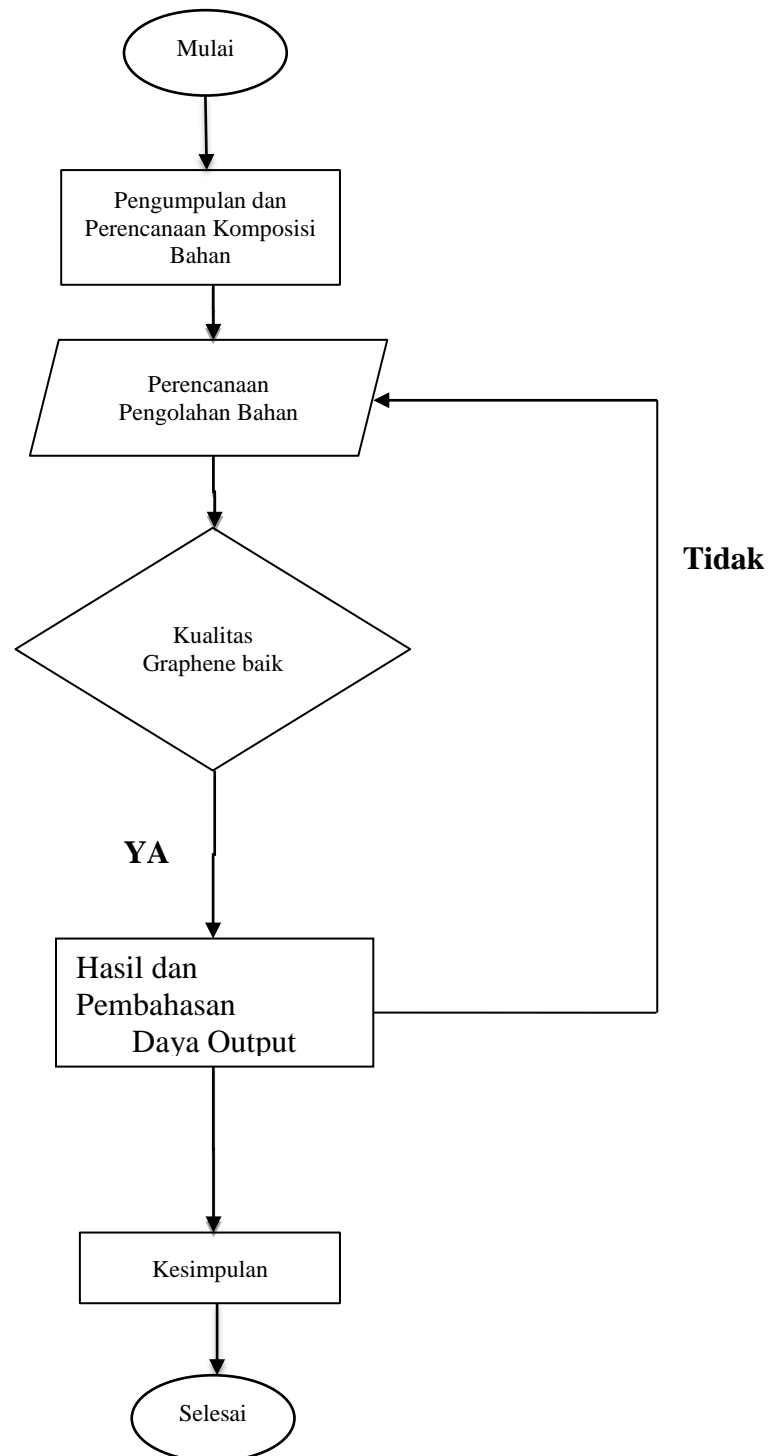
Campuran *graphene* dengan *polyurethane* dan campuran *graphene* dengan asam fosfat dalam pembuatan solar cell pada sample B di buat menggunakan campuran antara bubuk *graphene polyurethane* dan asam posfat dengan perbandingan 0,75 gr *graphene powder*, 3ml *polyurethane* dan 0,5 ml asam fosfat atau 15 tetes menggunakan pipet tetes kemudian di aduk hingga merata dan di oles ke plat kaca yang sudah terdapat copper tape dan alluminium foil sebagai electrode kutup positif dan negative.



**Gamabar 3.5 Perbandingan Campuran Graphene Sample A dan Sample B**

### 3.4 Diagram Alir Sistem

Adapun diagram alir (*flowchart diagram*) untuk mempermudah memahami perancangan alat ini adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.5** Diagram Alir Sistem

## PENJELASAN DIAGRAM ALIR

Dalam penelitian ini langkah awal yang dilakukan adalah melakukan pengumpulan data berupa video tutorial di Youtube dan jurnal-jurnal tentang pembuatan sintesis *graphene* dan solar cell. Data-data yang telah diperoleh kemudian akan diproses selanjutnya ke tahap Perencanaan & Pengolahan Bahan untuk pembuatan sintesis *graphene*. Pada tahap Perencanaan & Pengolahan Bahan dilakukan penentuan komposisi bahan-bahan yang akan digunakan untuk menghasilkan sintesis *graphene*. Sintesis *graphene* yang telah dihasilkan kemudian akan dirangkai dalam pembuatan *solar cell* dengan menggunakan 2 buah plat kaca yang memiliki luas penampang dan bentuk yang sama. Kemudian dioles campuran *graphene powder polyurethane* dan asam fosfat dengan perbandingan tertentu. Pada langkah berikutnya kualitas campuran *graphene* akan diuji pada Pengujian Bahan, pada proses Pengujian Bahan ini terdapat 2 kemungkinan, jika:

1. Kualitas campuran *graphene* yang dihasilkan buruk, maka akan dilakukan kembali proses Perencanaan & Pengolahan Bahan agar mendapatkan hasil sintesis *graphene* yang lebih baik.
2. Kualitas campuran *graphene* yang dihasilkan baik, maka akan dilanjutkan ke Pengujian Daya Output untuk mendapatkan data yang relevan. Setelah mendapatkan data Nilai Daya Output dari campuran *graphene* dalam pembuatan solar cell yang telah diuji, langkah terakhir yang dilakukan adalah membuat Kesimpulan.

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Penelitian**

Dalam bab ini akan dibahas tentang pengujian berdasarkan perencanaan dari yang telah dibuat. pengujian disimulasikan di suatu sistem yang sesuai. Pengujian ini dilaksanakan untuk mengetahui kehandalan dari sistem dan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan dari alat yang di buat. Pengujian pertama-tama dilakukan secara terpisah, dan kemudian dilakukan ke dalam sistem yang telah terintegrasi.

#### **4.2 Pengujian Peralatan**

Pengujian yang dilakukan di bab ini yaitu antara lain :

1. Pengujian tegangan listrik yang di hasilkan dari campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*.
2. Pengujian arus listrik yang yang di hasilkan dari campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*.
3. Pengujian daya output yang di hasilkan dari campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*.

##### **4.2.1 Pengujian Tegangan Listrik Yang Di Hasilkan Dari Campuran Grapahene Dalam Pembuatan Solar Cell**

Pengujian ini di lakukan untuk mengetahui sebera lama waktu tegangan listrik yang akan diperoleh tiap 10 menit sekali di dalam campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Faktor penyinaran matahari dan banyaknya jumlah

*polyurethane* mempengaruhi tegangan yang dihasilkan pada campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Di lihat pada tabel pengujian sebagai berikut :

**Tabel 4.1** Data Pengujian Tegangan Yang dihasilkan

No	Waktu(menit)	Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell A (mV)	Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell B (mV)
1	0-10 menit	732	735
2	10-20 menit	787	795
3	20-30 menit	762	783
4	30-40 menit	770	791
5	40-50 menit	758	771
6	50-60 menit	749	752

Dari tabel di atas dapat kita hitung tegangan rata-rata yang dihasilkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* tiap 10 menit menggunakan rumus di bawah ini :

$$\text{Tegangan rata - rata} = \frac{v1 + v2 + v3 + v4 + v5 + v6}{6}$$

#### Sample A

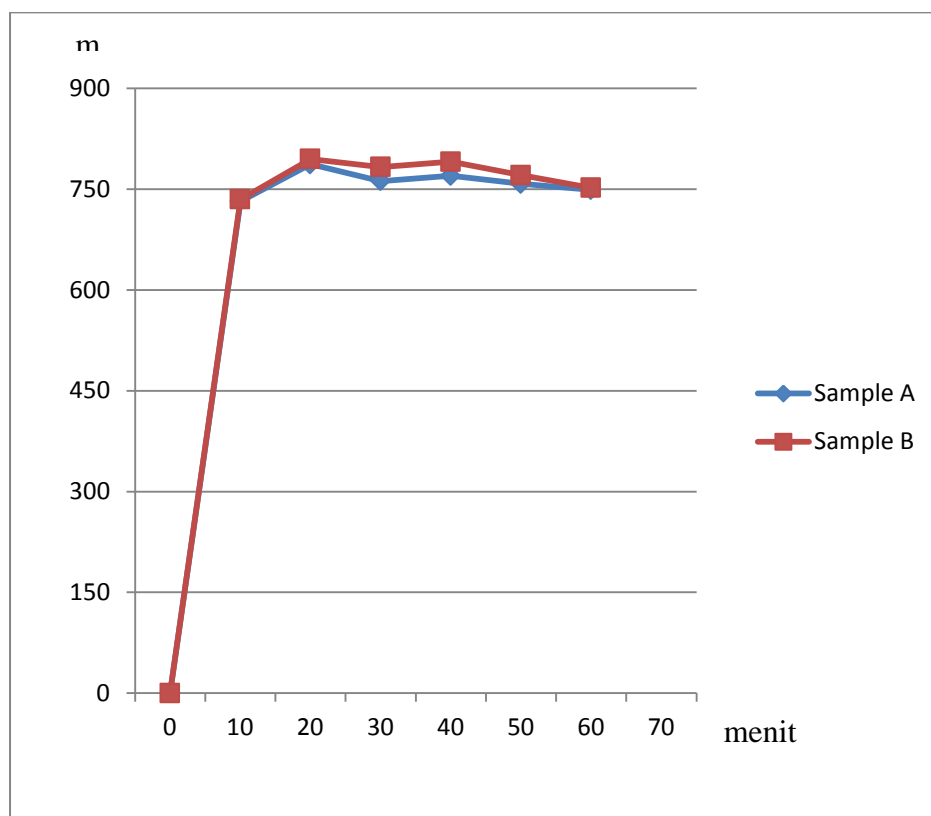
$$\begin{aligned}\text{Tegangan rata - rata} &= \frac{732 + 787 + 762 + 770 + 758 + 749}{6} \\ &= 759.666667\text{mV}\end{aligned}$$

#### Sample B

$$\begin{aligned}\text{Tegangan rata - rata} &= \frac{735 + 795 + 783 + 791 + 771 + 752}{6} \\ &= 771.166667\text{mV}\end{aligned}$$

Dari rumus di atas dapat kita lihat selain dari pengaruh panas matahari, pengaruh dari semakin banyaknya *polyurethane* yang terkandung pada campuran *graphene* dalam pembuatan *solar sell* mempengaruhi tegangan yang di hasilkan.

Dari sample A dan B maka kita bisa melihatnya dari grafik 4.1



**Gambar 4.1** Grafik Perbandingan Tegangan Yang Dihasilkan Campuran *Graphene* Dalam Pembuatan *Solar Cell* Terhadap Waktu

Dari grafik di atas dapat dilihat pada sample B yaitu campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* yang menggunakan *polyurethane* lebih banyak menghasilkan tegangan lebih tinggi dari sample A yang menggunakan *polyurethane* lebih sedikit. Percobaan diatas dilakukan pada tempat dan penyinaran matahari yang sama yang dilakukan tiap 10 menit sekali.

#### 4.2.2 Pengujian Arus Listrik Yang Di Hasilkan Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa lama waktu arus listrik yang akan diperoleh tiap 10 menit sekali di dalam campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Faktor penyinaran matahari dan banyaknya jumlah *asam fosfat* mempengaruhi arus yang dihasilkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Di lihat pada tabel pengujian sebagai berikut:

**Tabel 4.2** Data Pengujian Arus Yang dihasilkan

No	Waktu (menit)	Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell A (mA)	Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell B (mA)
1	10	0.060	0.020
2	20	0.032	0.012
3	30	0.021	0.016
4	40	0.022	0.018
5	50	0.013	0.010
6	60	0.008	0.005

Dari tabel di atas dapat kita hitung arus rata-rata yang dihasilkan dari campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* tiap 10 menit menggunakan rumus di bawah ini :

$$\text{Arus rata - rata} = \frac{A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6}{6}$$

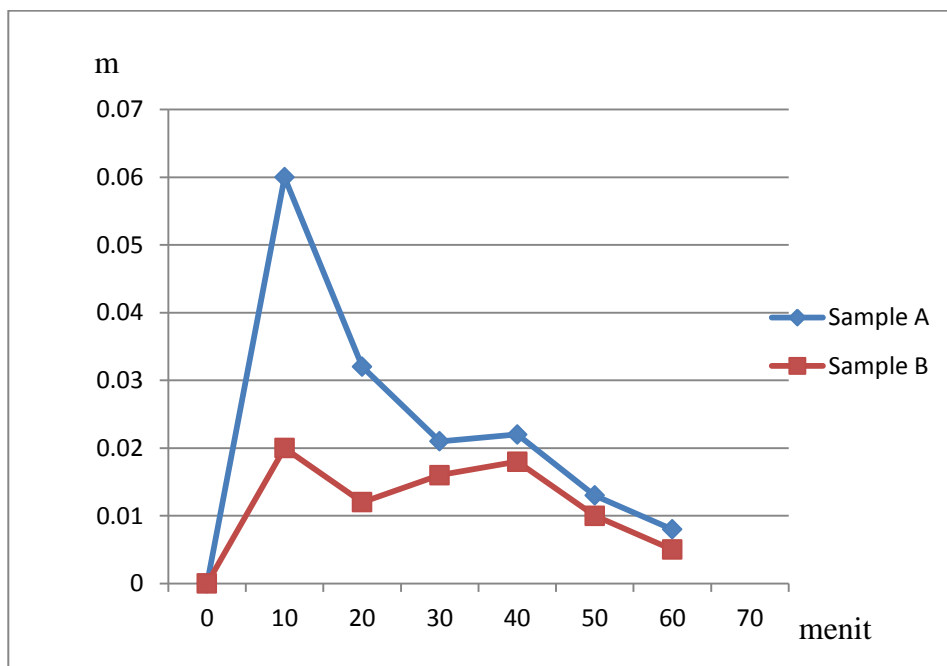
### Sample A

$$\begin{aligned} \text{Arus rata - rata} &= \frac{0.060 + 0.032 + 0.021 + 0.022 + 0.013 + 0.008}{6} \\ &= 0.026 \text{ mA} \end{aligned}$$

### Sample B

$$\begin{aligned} \text{Arus rata - rata} &= \frac{0.020 + 0.012 + 0.016 + 0.018 + 0.010 + 0.005}{6} \\ &= 0.0135 \text{ mA} \end{aligned}$$

Dari rumus di atas dapat kita lihat selain dari pengaruh panas matahari, pengaruh dari semakin banyaknya *asam fosfat* yang terkandung pada *graphene* dalam pembuatan *solar sell* mempengaruhi arus yang di hasilkan. Dari sample A dan B maka kita bisa melihatnya dari grafik 4.2



**Gambar 4.2** Grafik Perbandingan Arus Listrik Yang Di Hasilkan Campuran *Graphene* Dalam Pembuatan *Solar Cell* Terhadap Waktu



Dari grafik di atas dapat dilihat pada sample A yaitu campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* yang menggunakan *asam fosfat* yang lebih banyak menghasilkan arus listrik lebih tinggi dari sample B yang menggunakan *asam fosfat* lebih sedikit. Percobaan diatas dilakukan pada tempat dan penyinaran matahari yang sama yang dilakukan tiap 10 menit sekali.

#### **4.2.3 Pengujian Daya Output Yang Di Hasilkan Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell**

Pengujian ini adalah untuk mengetahui daya output yang dihasilkan antara campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A dan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B. Pada pengujian ini dilakukan pada waktu, tempat dan penyinaran matahari yang sama selama 10 menit. Untuk mengetahui nilai daya output yang dihasilkan dapat menggunakan rumus :

$$P = V \times I$$

Dimana : P = Daya Output.

V = Tegangan.

I = Arus.

Untuk melihat daya perbandingan daya output yang dihasilkan antara campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A dan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B dapat dilihat pada table perbandingan di bawah ini :

**Tabel 4.3 Daya Output Yang Dihasilkan Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell A**

No	Tegangan (mV)	Arus (mA)	Daya Output P (mWatt)
1	732	0.060	43.92
2	787	0.032	25.184
3	762	0.021	16.002
4	770	0.022	16.94
5	758	0.013	9.854
6	749	0.008	5.992

Dari tabel di atas dapat kita hitung daya output rata-rata yang dihasilkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A tiap 10 menit menggunakan rumus di bawah ini :

$$\text{Daya Output rata - rata} = \frac{P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6}{6}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya rata - rata} &= \frac{43.92 + 25.184 + 16.002 + 16.94 + 9.854 + 5.992}{6} \\ &= 19.65 \text{ mW} \end{aligned}$$

**Tabel 4.4 Daya Output Yang Dihasilkan Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell B**

No	Tegangan (mV)	Arus (mA)	Daya Output P (mWatt)
1	735	0.020	14.7
2	795	0.012	9.54
3	783	0.016	12.528
4	791	0.018	14.238
5	771	0.010	7.71
6	752	0.005	3.76

Dari tabel di atas dapat kita hitung daya output rata-rata yang dihasilkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B tiap 10 menit menggunakan rumus di bawah ini :

$$\text{Daya Output rata - rata} = \frac{P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6}{6}$$

$$\text{Daya rata - rata} = \frac{14.7 + 9.54 + 12.528 + 14.238 + 7.71 + 3.76}{6}$$

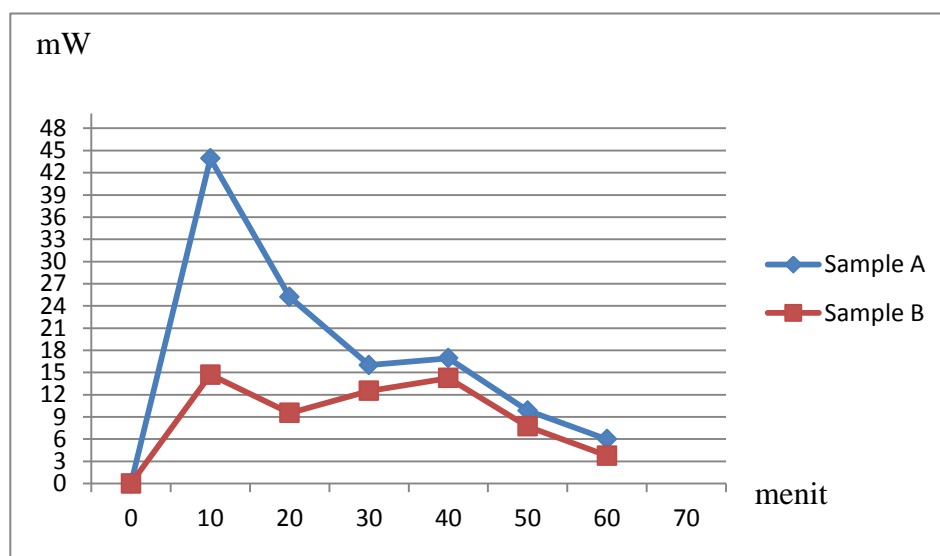
$$=10.4113333 \text{ mW}$$

Untuk mengetahui perbandingan daya output antara *graphene solar cell* A dan *graphene solar cell* B dapat dilihat pada table di bawah ini :

**Tabel 4.5 Perbandingan Daya Output Yang Dihasilkan Campuran  
Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell A dan B**

No	Waktu (menit)	Graphene solar cell A (mW)	Graphene solar cell B (mW)
1	10	43.92	14.7
2	20	25.184	9.54
3	30	16.002	12.528
4	40	16.94	14.238
5	50	9.854	7.71
6	60	5.992	3.76

Dari table diatas dapat kita lihat campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A memiliki daya output yang lebih besar dari campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B. Percobaan diatas dilakukan pada waktu, tempat dan penyinaran matahari yang sama. Dari sample A dan sample B diatas kita dapat melihat perbandingan daya output pada grafik di bawah ini :



**Gambar 4.3** Grafik Perbandingan Daya Sample A dan B Terhadap Waktu

Dari grafik di atas dapat dilihat campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A menghasilkan daya output yang lebih besar dari campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B, hal ini dipengaruhi pada saat perkalian arus dan tegangan, arus yang dihasilkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A jauh lebih besar dari campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B, Percobaan diatas dilakukan pada waktu, tempat dan penyinaran matahari yang sama.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah direncanakan dan dirancang dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu

1. Campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* pada penelitian ini dirancang dalam beberapa tahap. Pertama, sintesis *graphene* sebagai bahan pendonor yang menyerap energi matahari diperoleh dengan mencampurkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{KMNO}_4$ , Bubuk Grafit, Ice Batch, dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  yang nantinya akan dikeringkan selama 12 jam pada suhu  $110^\circ\text{C}$ . Kedua, merangkai copper tape sedemikian rupa sebagai elektrode kutup positif pada campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Ketiga, menggunakan alluminium foil dan dirangkai sedemikian rupa sebagai elektrode kutup negatif. Keempat, mencampurkan *graphene powder*, polyurethane dan asamfosfat sebagai elektrolit pada *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Kelima, langkah yang terakhir adalah mengoles hasil campuran antara *graphene*, polyurethane dan asam fosfat ke media kaca yang sudah di terdapat copper tape dan alluminium foil sebagai elektrode kutup positif dan negatif.
2. Faktor penyinaran matahari dan banyaknya jumlah *polyurethane* dan asam fosfat berpengaruh kepada daya output yang dihasilkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Semakin banyak jumlah

polyurethane maka semakin besar juga tegangan yang dihasilkan dan semakin banyak jumlah asam posfat yang dicampurkan maka semakin besar arus yang dihasilkan. Asam fosfat dan *polyurethane* sangat berpengaruh terhadap daya output yang dihasilkan. Percobaan di lakukan pada penyinaran matahari, waktu dan tempat yang sama. Dalam melakukan sebuah penelitian analisa atau perbandingan, sangat diperlukan untuk memperhatikan variabel-variabel yang bersangkutan untuk tetap sama pada tiap sampel. Hal ini bertujuan untuk mengurangi tingkat kesalahan yang dapat menyebabkan nilai yang diteliti menjadi tidak akurat. Hasil Perhitungan daya yang didapat pada campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* sample A menghasilkan daya outout rata-rata sebesar 19,65 mW sedangkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* sample B menghasilkan 10,413333mW. Hal ini membuktikan sintesis pada campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* sangat berpengaruh terhadap daya output yang dihasilkan.

## 5.2 Saran

Pada penelitian berikutnya, penulis berharap untuk pembuata *graphene solar cell* menggunakan sintesis bahan yang lebih baik agar didapat hasil yang lebih maksimal, sehingga untuk perhitungan tegangan, arus dan daya outputnya dapat lebih baik lagi dari penelitian kali ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Geim, "Nobel Lecture : Random walk to graphene ," vol. 83, no. SEPTEMBER, pp. 851–862, 2011.
- [2] K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V Morozov, and D. Jiang, "Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films," vol. 306, no. October, pp. 666–669, 2004.
- [3] R. Faiz and D. Susanti, "Analisis Pengaruh Massa Reduktor Zinc terhadap Sifat Kapasitif Superkapasitor Material Graphene," vol. 4, no. 1, pp. 95–100, 2015.
- [4] J. Shi, W. Du, Y. Yin, Y. Guo, and L. Wan, "Hydrothermal reduction of three-dimensional graphene oxide for binder-free flexible supercapacitors," no. 2000 ml, pp. 1–10, 2014.
- [5] H. Ananthkrishnan and R. C. Krishna, "Graphene Solar Cell," vol. 1, no. 1, pp. 166–171, 2016.
- [6] I. C. Pradana and F. T. Industri, "Analisa Pengaruh Komposisi Graphene - TiO 2 terhadap Unjuk Kerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)," vol. 2, no. 1, 2013.
- [7] V. Effelina, " Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/ PVA (Polyvinil Alcohol) Yang Di Fabrikasi Menggunakan Teknik Electospining", Tesis Yogyakarta FMIPA UGM, 2015.
- [8] N. A. Kundari and S Wiyuniati, "Tinjauan kesetimbangan adsorpsi tembaga dalam limbah pencuci pcb dengan zeolit," pp. 25–26, 2008.
- [9] M. Napitupulu, "ANALISIS LOGAM TEMBAGA ( Cu ) PADA BUANGAN LIMBAH TROMOL ( TAILING ) PERTAMBANGAN POBOYA Analysis of Copper ( Cu ) Metal On Drum Waste Disposal ( Tailings ) at Poboya Mining," vol. 2, no. May, pp. 90–96, 2013.
- [10] Fitrony, R. Fauzi, L. Qadariyah and Mahfud "Pembuatan Kristal Tembaga Sulfat Pentahidrat," vol. 2, no. 1, pp. 2–6, 2013.
- [11] Masyrukan, "ANALISIS SIFAT FISIS DAN MEKANIS ALUMINIUM (Al) PADUAN DAUR ULANG DENGAN MENGGUNAKAN CETAKAN LOGAM DAN CETAKAN PASIR," pp. 1–7, 2010.

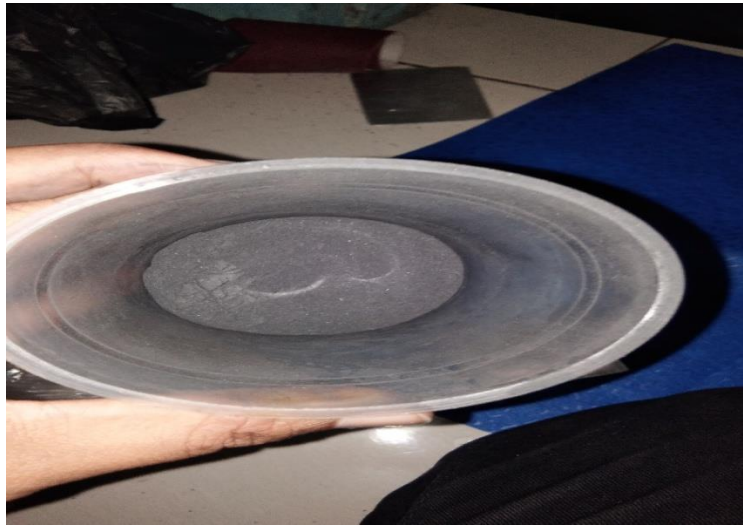


- [12] N. M. Ariani and L. Mahmudah, "Recycle Afalan Kemasan Aluminium Foil Sebagai Koagulan Pada IPAL," vol. 2, no. 2, 2017.
- [13] K. Zhang, A. M. Nelson, S. J. Talley, M. Chen, E. Margareta, A. G. Hudson, R. B. Moore, and T. E. Long, "Non-Isocyanate Poly (Amide-Hydroxyurethanes) From Sustainable Resources," pp. 4667–4681, 2016.
- [14] I. Javni, D. P. Hong and Z. S. Petrovic, "Polyurethanes From Soybean Oil, Aromatic, and Cycloaliphatic Diamines By Nonisocyanate Route" *Journal of Applied Polymer Science*, Vol 128, 2013.
- [15] D. G. Papageorgiou, I. A. Kinloch, and R. J. Young, "Progress in Materials Science Mechanical properties of graphene and graphene-based nanocomposites," *Prog. Mater. Sci.*, vol. 90, pp. 75–127, 2017.
- [16] I. W. Suirta, Lestari and Made Arsa, "Pengaruh konsentrasi asam fosfat dan berat semen putih sebagai adsorben dalam pemurnian crude gliserol," vol. 9, no. 2, pp. 279–288, 1907.
- [17] M. A. Hashim, "SUPERCAPACITORS BASED ON ACTIVATED CARBON AND POLYMER ELECTROLYTE," vol. 1, no. 1, pp. 1–6.
- [18] N. F. Jackson and J. C. Hendy, "The Use of Niobium as an Anode Material in Liquid Filled Electrolytic Capacitors," *Electrocompon. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 27–37, 1974.
- [19] A. A. Łatoszyńska, G. Z. Zukowska, I. A. Rutkowska, P. L. Taberna, P. Simon, P. J. Kulesza, and W. Wieczorek, "Non-aqueous gel polymer electrolyte with phosphoric acid ester and its application for quasi solid-state supercapacitors," *J. Power Sources*, vol. 274, pp. 1147–1154, 2015.
- [20] R. Ñ. Chenni, M. Makhoul, T. Kerbache, and A. Bouzid, "A detailed modeling method for photovoltaic cells," no. September, 2007.
- [21] S. Younes, R. Claywell, and T. Ñ. Muneer, "Quality control of solar radiation data : Present status and proposed new approaches," vol. 30, pp. 1533–1549, 2005.
- [22] M. Syukri and K. Kunci, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya ( PLTS ) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh," vol. 9, no. 2, 2010.

- [23] M. A. P. Pradana and Tjendro, "Prototype Sistem Kontrol Otomatis Pada Pembangkit Listrik Alternatif Tegangan Rendah," vol. 15, pp. 112–126, 2016.
- [24] M. Suyanto, "Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Pembangkit Listrik Terbarukan", Jurnal Teknik FTUP vol 27, no 3, 2014
- [25] M. Rif, S. Hp, M. Shidiq, R. Yuwono, and H. Suyono, "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas," vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012.
- [26] I. Maysha , B. Trisno and Hasbullah, "PEMANFAATAN TENAGA SURYA MENGGUNAKAN RANCANGAN PANEL SURYA BERBASIS TRANSISTOR 2N3055 DAN THERMOELECTRIC COOLER" P. Studi, P. Teknik, and E. Fptk vol. 12, no. 2, pp. 89–96, 2013.
- [27] Subandi and S. Hani, "Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar cell," vol. 7, no. 2, pp. 157–163, 2015.
- [28] Rusman, "PENGARUH VARIASI BEBAN TERHADAP EFISIENSI SOLAR CELL KAPASITAS 50WP," vol. 4, no. 2, 2015.
- [29] A. Satriady, W. Alamsyah, A. H. I. Saad, and S. Hidayat, "PENGARUH LUAS ELEKTRODA TERHADAP KARAKTERISTIK BATERAI LiFePO 4," vol. 6, no. 2, pp. 43–48, 2016.

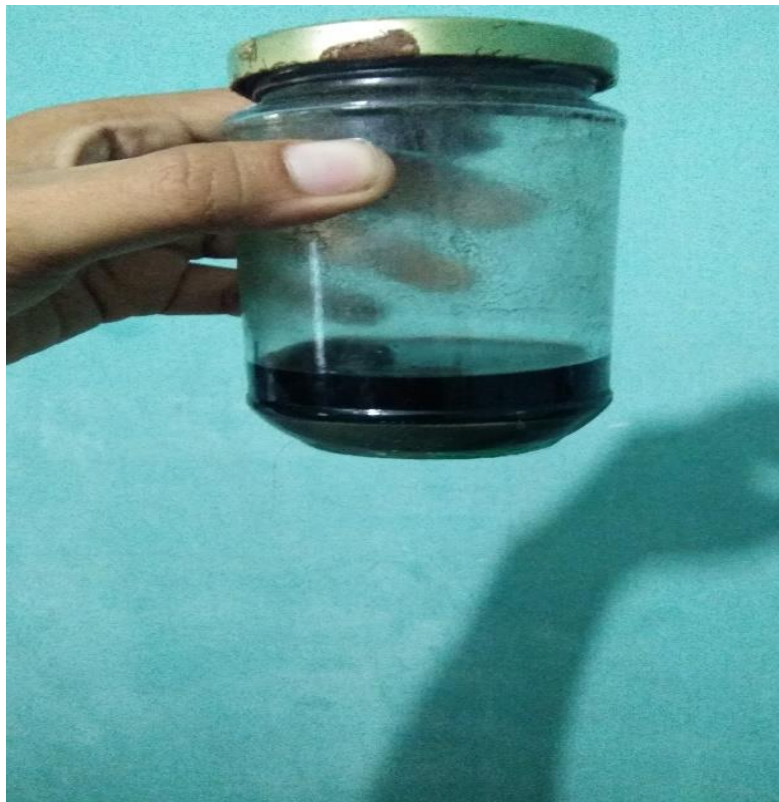
## LAMPIRAN

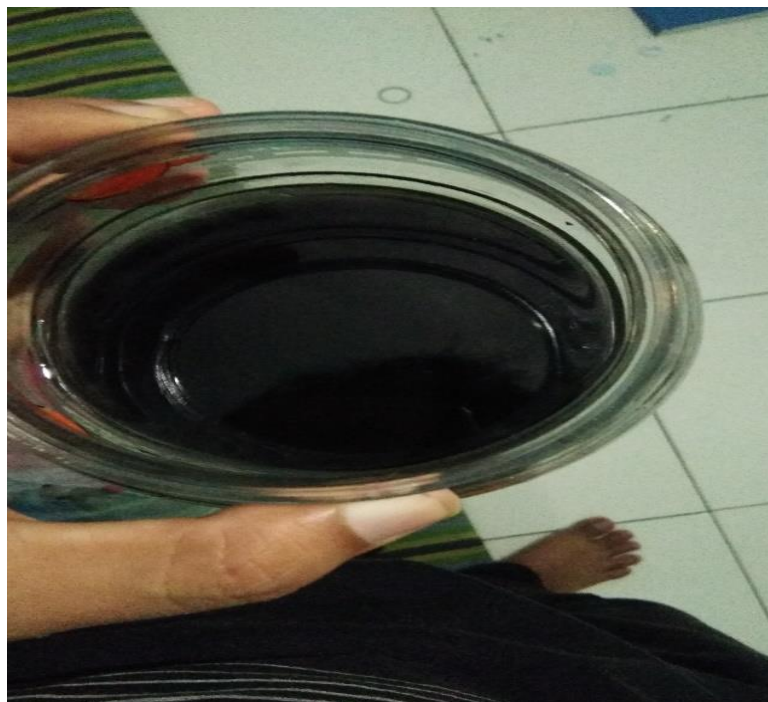


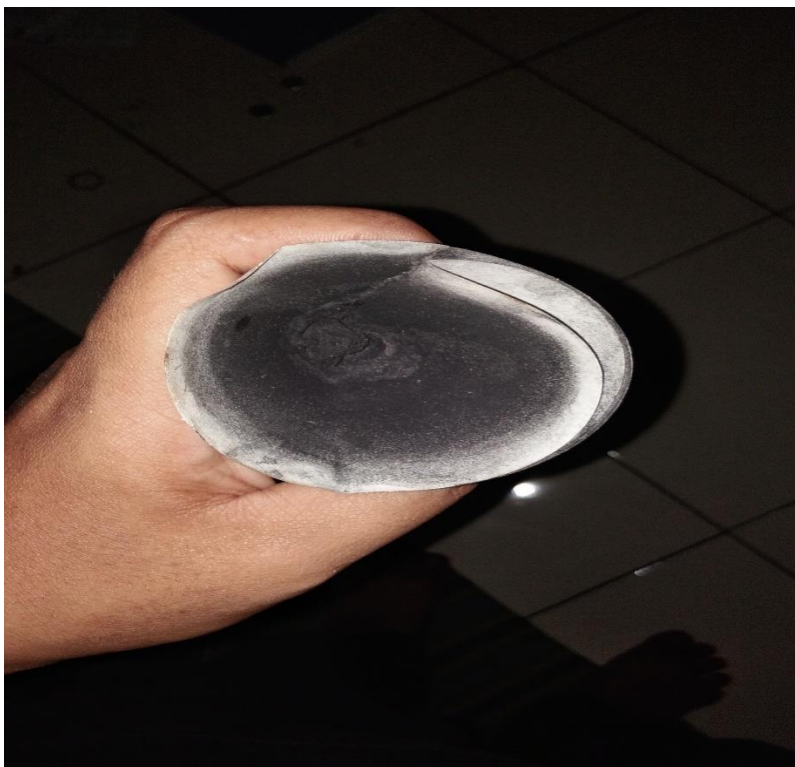




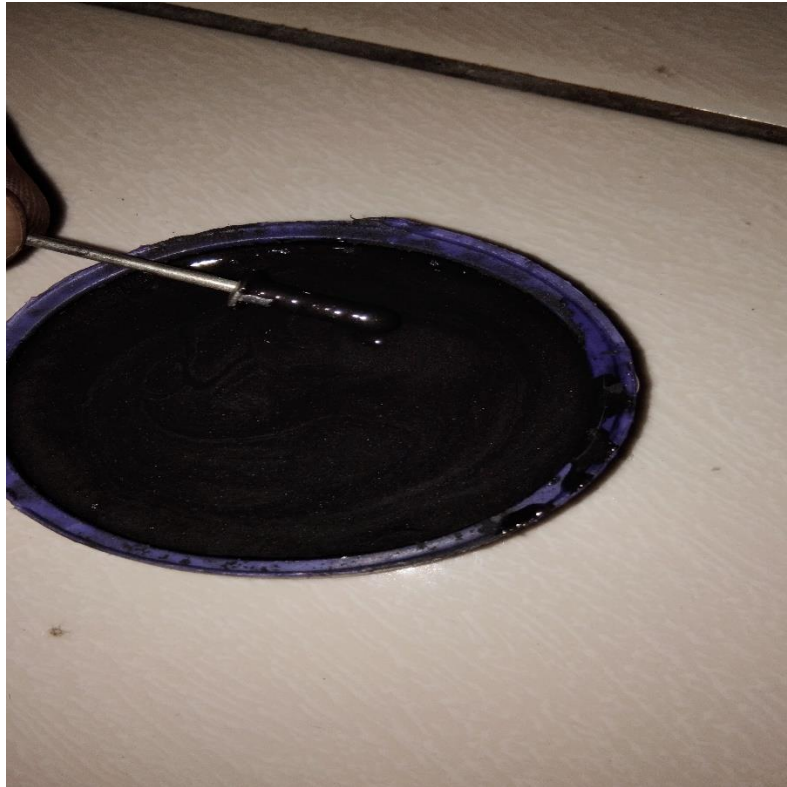


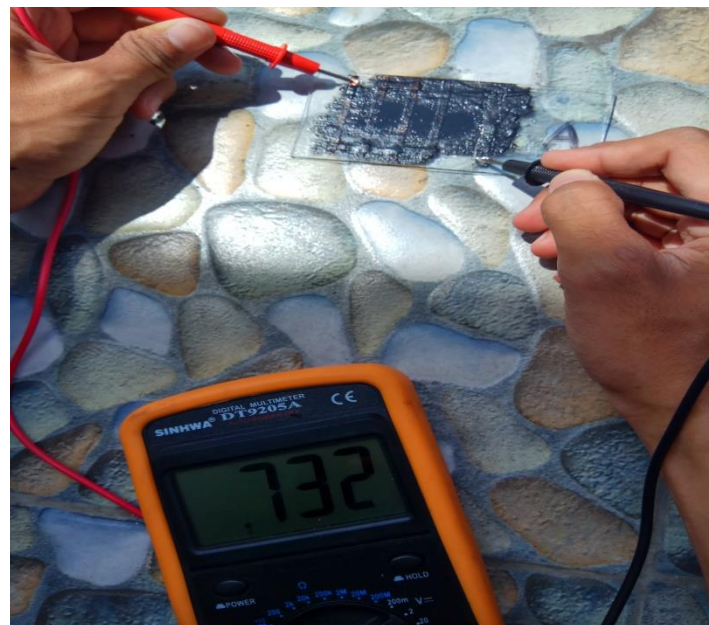




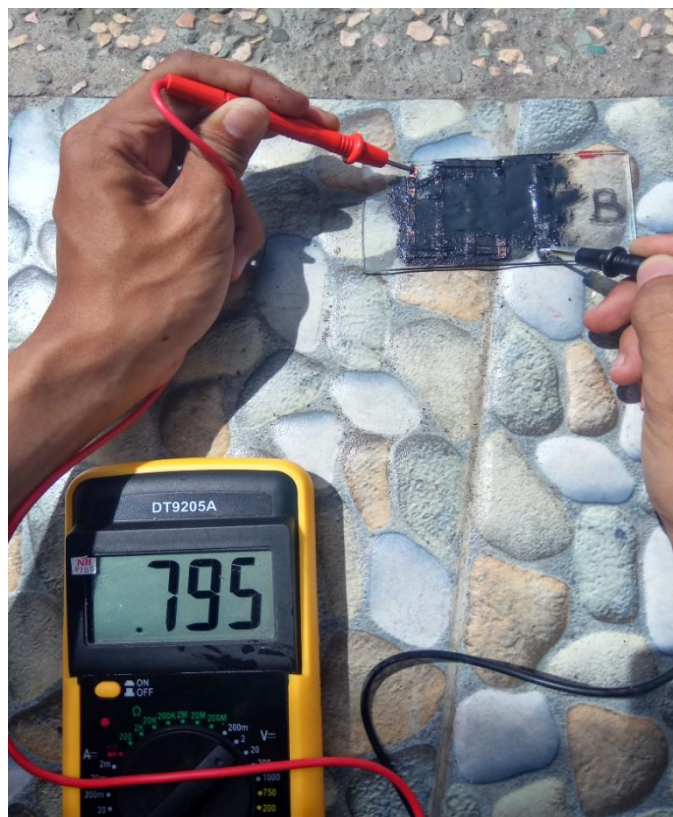


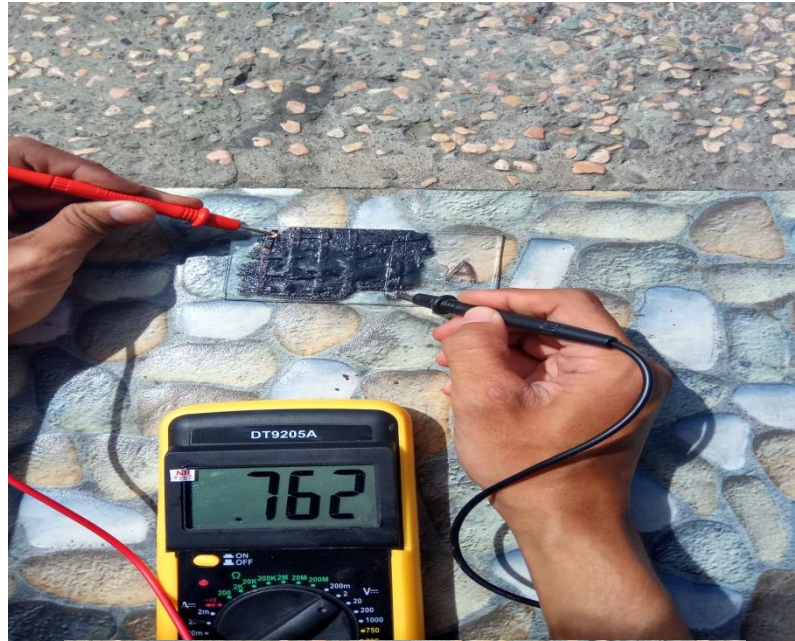




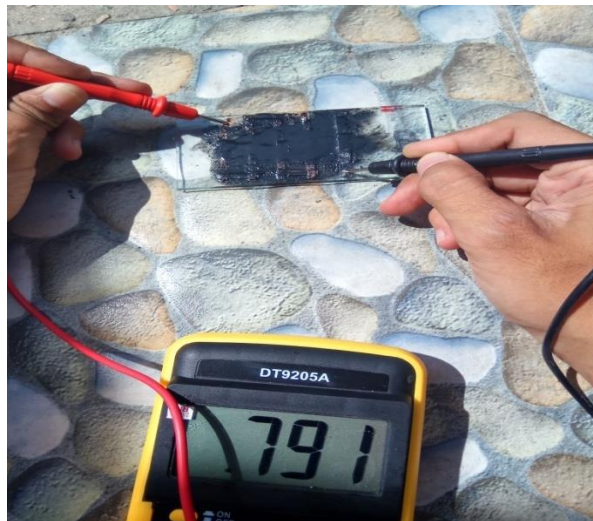


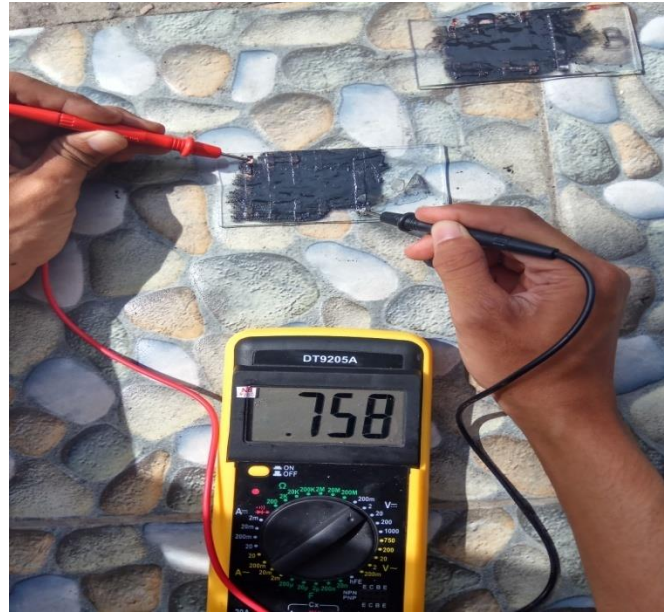












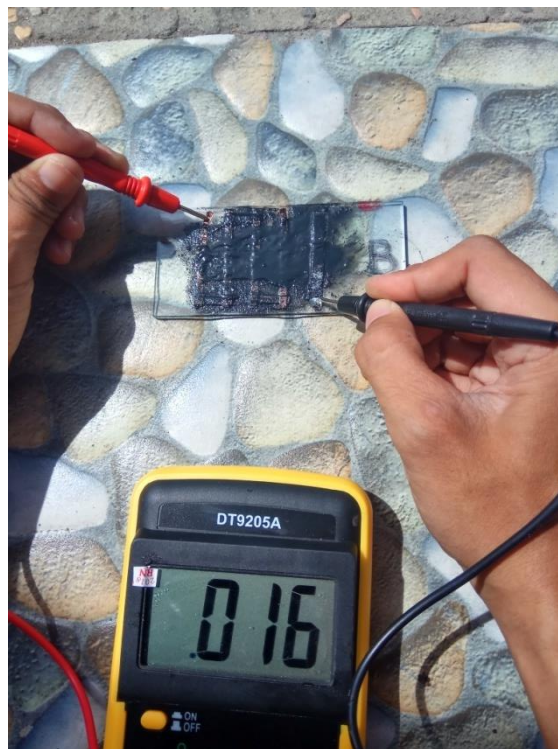


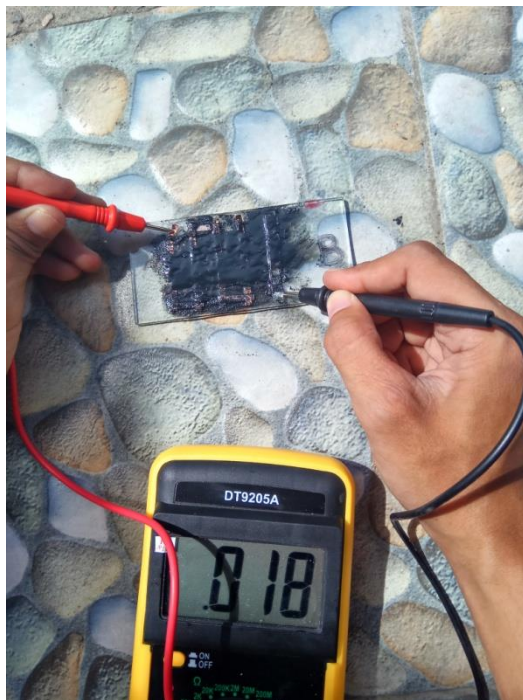




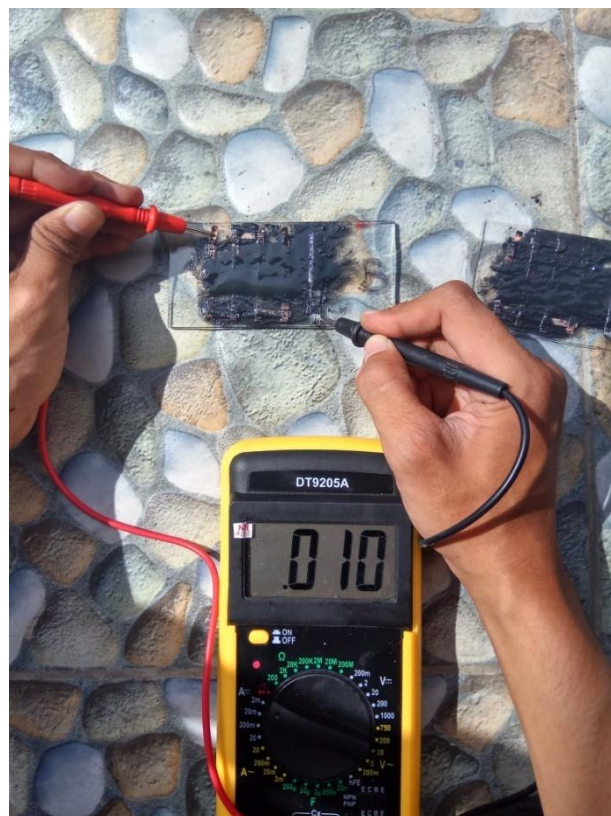


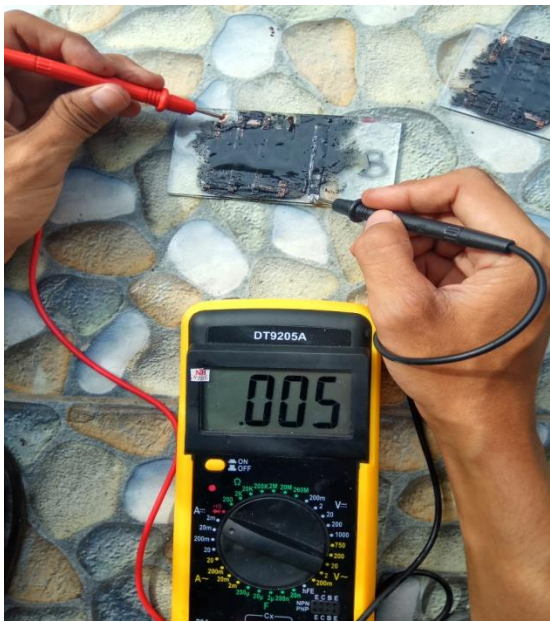
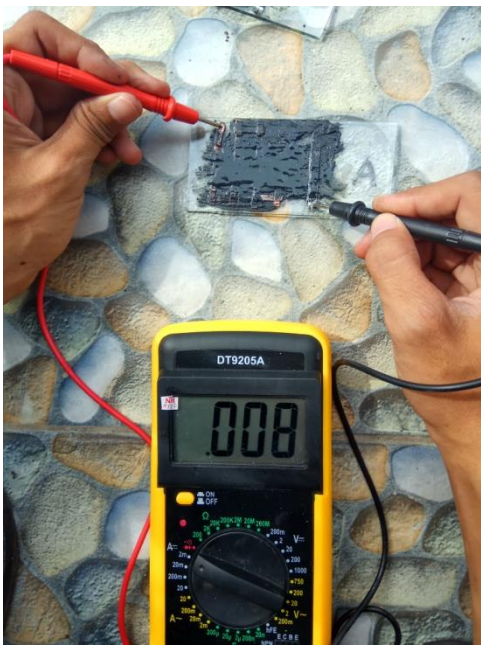












# PERBANDINGAN CAMPURAN POLYURETHANE DENGAN GRAPHENE DAN ASAM FOSFAT DENGAN GRAPHENE UNTUK MENDAPATKAN BESARNYA TEGANGAN DAN ARUS LISTRIK DALAM PEMBUATAN SOLAR CELL

Herry Angriawan<sup>1)</sup>, Solly Aryza Lubis<sup>2)</sup>, Faisal Irsan Pasaribu<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

<sup>2,3)</sup> Staf Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

**ABSTRAK** - Berdasarkan pengembangan sumber teknologi energi yang terjangkau, dan bersih yang memiliki manfaat jangka panjang yang besar, solar cell merupakan salah satu energi terbarukan. Graphene dapat digunakan dalam pembuatan solar cell karena memiliki tingkat mobilitas elektron yang baik sehingga daya output yang dihasilkan lebih baik dari pada solar cell konvensional. Penelitian ini membahas mengenai pengaruh campuran graphene dengan polyurethane dan asam fosfat terhadap tegangan, arus dan daya output yang dihasilkan dalam pembuatan solar cell. Campuran graphene pada sample A menggunakan polyurethane lebih sedikit dari sample B akibatnya sample A menghasilkan tegangan dibawah sample B, akan tetapi pada campuran graphene sample A menggunakan asam fosfat lebih banyak dari sample B. Asam fosfat pada campuran graphene dalam pembuatan solar cell sangat berpengaruh pada arus listrik yang dihasilkan, akibatnya sample A mempunyai arus yang lebih besar dari sample B. Hasil Perhitungan daya yang didapat sample A menghasilkan daya output rata-rata sebesar 19,65 mW sedangkan sample B menghasilkan 10,413333mW. Hal ini membuktikan sintesis pada graphene pada pembuatan solar cell sangat berpengaruh terhadap daya output yang dihasilkan.

**Kata Kunci :** Graphene, copper tape, aluminium foil, polyurethane, phosphoric acid ( $H_3PO_4$ ), solar cell, sintesis graphene.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi matahari adalah cahaya yang berseri-seri dan panas dari matahari yang dimanfaatkan dengan menggunakan berbagai teknologi yang terus berevolusi seperti pemanas matahari, fotovoltaik, energi panas matahari, dan arsitektur surya dan fotosintesis buatan. Efek fotovoltaik mengacu pada foton elektron menarik cahaya ke keadaan energi yang lebih tinggi, yang memungkinkan mereka untuk bertindak sebagai pembawa muatan untuk arus listrik. Proses ini bersifat fisik dan kimia, karena langkah pertama melibatkan efek fotolistrik dari mana proses elektrokimia kedua terjadi yang melibatkan mengkristal. Atom terionisasi dalam suatu rangkaian, menghasilkan arus listrik. Sel membutuhkan perlindungan dari lingkungan dan biasanya dikemas rapat di balik lembaran kaca. Ketika dibutuhkan lebih banyak daya daripada satu sel tunggal, sel secara elektrik terhubung bersama

untuk membentuk modul fotovoltaik, atau panel surya.

Salah satu material yang banyak dikembangkan saat ini adalah *graphene*. *Graphene* adalah salah satu keluarga unsur karbon, yang dikembangkan A. K. Geim dan K. S. Novoselov pada tahun 2004. Para fisikawan, kimiawan, dan ilmuwan material saat ini telah berfokus pada aplikasi dari *graphene* untuk beberapa bidang penelitian dan industri karena memiliki sifat yang sangat baik antara lain mobilitas elektron yang tinggi ( $\sim 10.000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ), efek Quantum Hall pada temperatur ruang, transparansi optik yang baik (97,7%), luas permukaan spesifik yang besar ( $2.630 \text{ m}^2/\text{g}$ ), modulus Young yang tinggi ( $\sim 1 \text{ TPa}$ ), dan konduktivitas panas yang tinggi ( $\sim 3000 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ) [1].

*Graphene* menjadi kenyataan dan menyebabkan Geim dan Novoselov dianugerahi Hadiah Nobel pada tahun 2010. Dalam teknik ini, sepotong grafit mengalami pengelupasan pita berulang dan kemudian dipindahkan ke substrat. Jumlah lapisan kemudian dapat dievaluasi dengan metode yang berbeda dengan menggunakan mikroskop

optik sederhana, spektroskopi Raman, mikroskop kekuatan atom dan atau pemindaian mikroskop tunneling. Metode preparasi ini masih membuat kristal kualitas tertinggi, namun hanya berguna untuk labscale percobaan dan prototyping karena tidak mungkin untuk meningkatkan proses [2].

Penelitian ini membahas mengenai perbandingan campuran *polyurethane* dengan *graphene* dan asam fosfat dengan *graphene* untuk mendapatkan besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dalam pembuatan *solar cell*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Sintesis *graphene* menggunakan metode reduksi grafit oksida 40mg grafit oksida dilarutkan dalam 40ml aquades. Menurut Rahman Faiz Suwanda dan Diah Susanti, proses ini dilakukan hingga larutan menjadi homogen. Setelah larutan menjadi homogen, larutan di ultrasonikasi dengan *ultrasonic cleaner* yang memiliki kemampuan memancarkan gelombang ultrasonik sebesar 50/60 Hz. Ultrasonikasi dilakukan dalam waktu 90 menit. Akibat gelombang ultrasonik maka grafit oksida akan terkelupas menjadi *graphene* oksida (GO). Lalu di tambahkan 37% HCl ke larutan GO dan di stirring. Selanjutnya di tambahkan Zn, sehingga terjadi gelembung-gelembung gas karena terjadi reduksi. Ketika gelembung berhenti, kembali ditambahkan HCl untuk menghilangkan ZnO yang merupakan pengotor, dari proses sintesis ini dihasilkan *graphene* oksida tereduksi [3].

*Graphene* oksida dibuat dengan metode *Hummers* yang dimodifikasi seperti yang dilaporkan di tempat lain. Menurut J. Shi, dkk, secara singkat, grafit (5,0 g) ditambahkan ke asam sulfat pekat (115 ml) aduk pada suhu kamar; kemudian menambahkan natrium nitrat (2,5 g), lalu campurannya didinginkan sampai 0 °C dengan direndam dalam air es. Untuk menjaga suhu sistem yang lebih rendah dari 20 °C, kalium permanganat (9,0 g) ditambahkan perlahan ke arah sistem di bawah agitasi yang kuat. Berturut-turut, sistem reaksi dipindahkan ke air 35 °C selama sekitar 2 jam, kemudian 400 ml air dan 20 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30%)

ditambahkan bersama ke sistem, dan kemudian agitasi yang kuat selama sekitar 1 jam. Campurannya disaring dan dicuci dengan larutan air HCl 5% (2000 ml) diikuti oleh diulang mencuci dengan air untuk menghilangkan asam. Padatan yang dihasilkan tersebar di air dengan ultrasonication untuk membuat dispersi berair GO (2 g).[4]

*Graphene* telah diusulkan untuk menjadi elektroda transparan yang efektif untuk menggantikan *Indium Tin Oxide* (ITO) di sel surya sebagai *graphene* menunjukkan sifat yang sangat baik seperti resistansi lembaran rendah, transmitansi tinggi, properti mekanik yang baik, dan stabilitas termal dan kimia yang baik. Pada awal 2007, menurut Ananthkrishnan. H, para ilmuwan membuat sel surya polimer menggunakan *oksida graphene* yang dikurangi sebagai elektroda transparan dan mencapai PCE (Efisiensi Konversi Daya) sebesar 0,26%. Setelah itu, pendekatan deposisi uap kimia (CVD) telah digunakan oleh banyak kelompok untuk mensintesis film *graphene* satu atau beberapa lapisan dengan area luas untuk aplikasi pemanenan energi yang merupakan kemajuan signifikan dalam bidang ini. Efisiensi sel surya organik dengan elektroda *graphene* adalah 1,18%, yang dekat dengan sel surya organik dengan elektroda ITO (~ 1,27%). Pada tahun 2011 peneliti menggunakan metode transfer lapis demi lapis untuk membuat film multilayer CVD *graphene* dengan lebih sedikit cacat dan resistansi lembaran lebih rendah. Sel-sel surya organik dengan elektroda dari empat lapisan *graphene* memiliki PCE ditingkatkan hingga 2,5%, yang merupakan 83,3% dari PCE perangkat berbasis ITO. Untuk sel surya hibrida, itu menunjukkan penggunaan *graphene* sebagai elektroda konduktif transparan dengan struktur *graphene* organik silikon, yang memiliki PCE 10%. Namun, sel surya memiliki perangkat yang sangat kecil sekitar 0,1 cm<sup>2</sup>. [5]

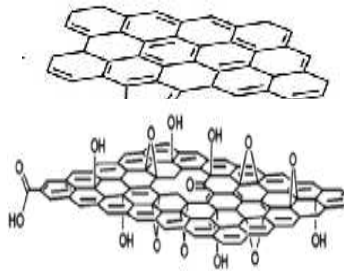
### 2.2 Graphene

*Graphene* adalah material yang paling tipis yang dapat kita bayangkan sekaligus yang paling kuat di antaranya. Menurut Effelina. V, *graphene* bersifat seperti karet dan tahan dari



liquid dan gas. Karena strukturnya yang begitu rapi *graphene* dapat di gunakan sebagai saringan super detail, karena atom-atom besar tidak lewat di antaranya. Ini adalah bagian dari teknologi nano. Strukturnya yang tipis dan juga seperti sarang lebah yang membuatnya menjadi material yang merekat satu sama lain.[6]

**Gambar 2.1.** Struktur pori-pori *graphene* Oksida (Efelina, 2015)



### 2.3 Copper Tape

Pita tembaga mengacu pada strip tembaga tipis, sering didukung dengan perekat. Pita tembaga dapat ditemukan di sebagian besar perangkat keras. Pita tembaga digunakan untuk elektromagnetik atau permukaan transmisi permukaan mount rendah-profil dalam elektronik dan dalam produksi lampu tiffany. Itu datang dalam dua bentuk; perekat konduktif dan perekat non-konduktif (yang lebih umum)

### 2.4 Aluminium foil

Aluminium foil terbuat dari bauksit (Bauxite), sejenis endapan bijih besi yang mengandung Aluminium Oxide (alumina) dan Silikat (silicates). Bauksit kebanyakan berasal dari Amerika bagian Utara, Australia dan Eropa bagian Utara. Empat kilogram Bauksit dapat digunakan untuk memproduksi sekitar 2 (dua) kilogram Aluminium Oxide (alumina), dengan konsumsi sekitar 8 (delapan) kilowatt listrik, dapat menghasilkan 1 (satu) kilogram aluminium murni atau aluminium alloy. Aluminium murni (alloy) sangat lembut, bersih, berwarna putih agak keperakan (silvery white), dan perbandingannya dengan Logam ringan itu sekitar satu sampai tiga kali dari berat baja.

### 2.5 Polyurethane

Menurut K. Zhang, *polyurethane* adalah suatu bahan campuran atau hasil pengisolan antara karet dan plastik sehingga didapatkan pelarutan material yang memiliki keunggulan sangat tahan gesek, tahan haus, tahan terhadap beberapa kimia ringan, stabil dalam suhu dingin dan panas. Kimia suatu bahasan atau campuran yang didalamnya terdapat kandungan nitrogen, karbon dioksida dan oksigen, *polyurethane* merupakan bahan *polymeric* yang mengandung berbagai kumpulan urethane ( $\text{-NH-CO-O-}$ ) yang terbentuk dari reaksi antara polyol (alkohol dengan lebih dari dua grup hidrotoksil reaktif per molekul) dengan *diisocyanate* atau *polymeric isocyanate* dengan ketersediaan katalis yang sesuai serta bahan-bahan tambahan. Poliuretan memberikan termoplastik dan termoset untuk banyak aplikasi seperti perekat, sealant, pelapis, komoditas, otomotif, kemasan, dan insulasi bahan [7].

### 2.6 Asam Fosfat

Menurut I. W. Suirta dkk, asam fosfat lebih efektif digunakan dalam menguraikan sabun yang terdapat dalam crude gliserol dibandingkan jenis asam lainnya seperti HCl dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Hal tersebut dikarenakan kekuatan asam fosfat lebih lemah dibandingkan jenis asam lain sehingga mampu mengikat lemak lebih tinggi.

### 2.7 Solar Cell

Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Sama seperti Dioda Foto (Photodiode), Sel Surya atau *Solar cell* ini juga memiliki kaki Positif dan kaki Negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik [8].

Menurut S. Youness dkk, unjuk kerja dari photovoltaic cell sangat tergantung kepada sinar matahari yang diterimanya. Kondisi iklim (misal awan dan kabut) mempunyai efek yang signifikan terhadap jumlah energi matahari yang diterima sel sehingga akan mempengaruhi pula unjuk kerjanya seperti dibuktikan dalam penelitian [9].



### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian di laksanakan di Laboratorium Kampus III Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Glugur Darat II Medan. Waktu Penelitian di rencanakan berlangsung selama lebih kurang 4 (empat) bulan, dimulai dari perencanaan bahan, pembuatan material, pengujian, dan pengambilan data pengujian.

##### a. Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

##### i. Bahan- Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk campuran pada *graphene* untuk pembuatan solar cell ini yaitu :

7. Serbuk *graphene* sebagai bahan pendonor yang menyerap energy matahari.
8. Copper tape sebagai electrode kutup positif.
9. Alluminium foil sebagai electrode kutup negative.
10. *Polyurethane* sebagai perekat antara copper tape, alluminium foil dan *graphene* pada media kaca.
11. Phosphoric Acid (Asam posfat) sebagai elektrolit.
12. 2 buah plat kaca ukuran 10,5 x 5 cm sebagai media *graphene solar cell*.

##### b. Tahapan Perancangan Material

#### PROSEDUR PEMBUATAN

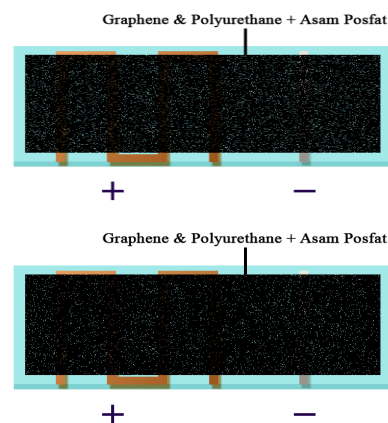
Letakkan ice bath di atas hot plate magnetic stirrer, dan masukan jar ke dalam ice batch tersebut, kemudian masukan 50 ml *sulphuric acid* kedalam jar, setelah satu jam masukan 1.5gr *graphite powder* stirrer sampai satu jam, setelah satu jam tambahkan 4.5gr *pottasium permanganate* secara perlahan lahan, karena akan ada reaksi kimia, suhu plat harus terjaga di bawah 20 °C dan stirrer selama 3 jam, angkat ice batch setelah 20 menit stirrer, setelah 3 jam stirrer, tambahkan 55 ml air destilisasi ke dalam jar setetes demi setetes agar tidak terjadi reaksi kimia yang berlebihan yang mengakibatkan panas, sehingga kita harus mengatur suhu plat 50 °C untuk memulai proses oksidasi. Kemudian stirrer hingga berubah warna menjadi kecoklatan yang menunjukkan pembentukan *graphene* oksida.

Tambahkan lagi 100ml air destilisasi untuk mengoksidasi *graphite* jika ada yang tertinggal. Pada langkah terakhir, tambahkan 5 ml hidrogen peroksida untuk menghilangkan jumlah *potassium permanganat* yang berlebihan atau dengan sederhana untuk menghentikan reaksi. Kemudian diamkan sampai serbuk *graphene* mengendap kebawah, setelah mengendap buang air tersebut dan kemudian di keringkan sehingga menjadi bubuk *graphene*.

Pada penelitian ini digunakan 2 buah media kaca sebagai perbandingan antara campuran *graphene* dalam pembuatan solar cell. Plat kaca yang di gunakan berukuran 10.5 x 5 cm dengan ketebalan 3mm. Plat kaca di gunakan karena memiliki bentuk permukaan yang rata dan sangat bagus dalam menyerap panas matahari.

#### PROSEDURE KEGUNAAN

Campuran *graphene* dengan *polyurethane* dan campuran *graphene* dengan asam fosfat dalam pembuatan solar cell pada sample A di buat menggunakan campuran antara bubuk *graphene polyurethane* dan asam posfat dengan perbandingan 0,75 gr *graphene* powder, 1ml *polyurethane* dan 1 ml asam fosfat atau 30 tetes menggunakan pipet tetes kemudian di aduk hingga merata dan di oles ke plat kaca yang sudah terdapat copper tape dan alluminium foil sebagai electrode kutup positif dan negative.



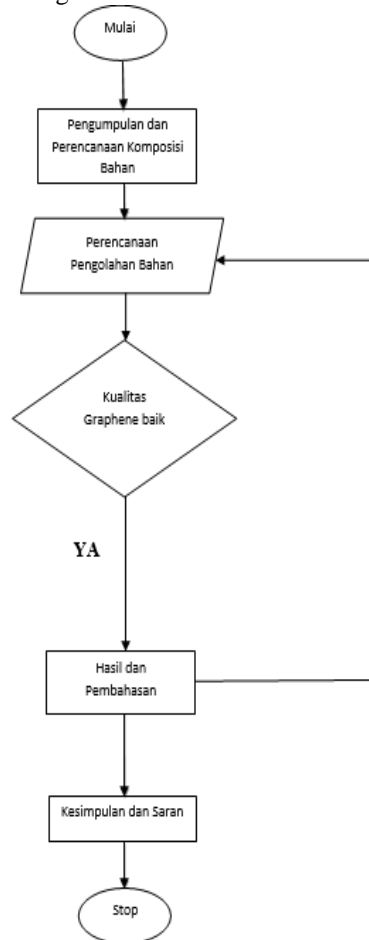
Gambar 3.1 Perbandingan Campuran *Graphene* Sample A dan Sample B

Campuran *graphene* dengan *polyurethane* dan campuran *graphene* dengan asam fosfat dalam pembuatan solar cell pada sample B di buat menggunakan campuran antara bubuk *graphene polyurethane* dan asam posfat dengan perbandingan 0,75 gr *graphene* powder, 3ml *polyurethane* dan 0,5 ml asam fosfat atau 15

tetes menggunakan pipet tetes kemudian di aduk hingga merata dan di oles ke plat kaca yang sudah terdapat copper tape dan alluminium foil sebagai electrode kutup positif dan negative.

### c. Diagram Alir Sistem

Adapun diagram alir (flowchart diagram) untuk mempermudah memahami perancangan alat ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem

### d. Pengujian Tegangan Listrik Yang Dihasilkan Dari Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell

Pengujian ini di lakukan untuk mengetahui sebera lama waktu tegangan listrik yang akan diperoleh tiap 10 menit sekali di dalam campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Faktor penyinaran matahari dan banyaknya jumlah *polyurethane* mempengaruhi tegangan yang dihasilkan pada campuran

*graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Di lihat pada tabel pengujian sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Data Pengujian Tegangan Yang Dihasilkan

No	Waktu(menit)	Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell A (mV)	Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell B (mV)
1	0-10 menit	732	735
2	10-20 menit	787	795
3	20-30 menit	762	783
4	30-40 menit	770	791
5	40-50 menit	758	771
6	50-60 menit	749	752

Dari tabel di atas dapat kita hitung tegangan rata-rata yang dihasilkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* tiap 10 menit menggunakan rumus di bawah ini :

$$\text{Tegangan rata - rata} = \frac{v1 + v2 + v3 + v4 + v5 + v6}{6}$$

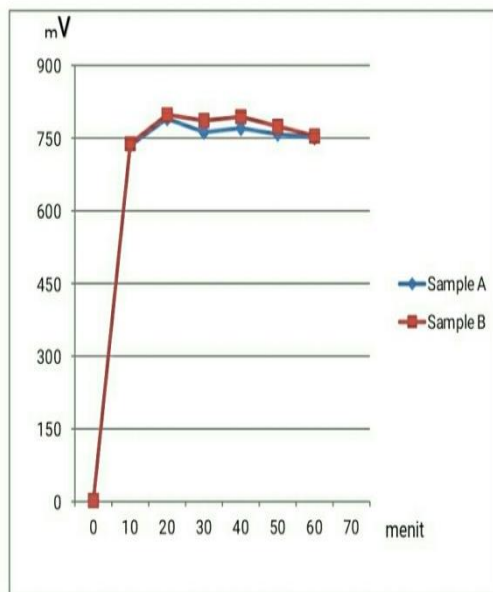
#### Sample A

$$\begin{aligned} \text{Tegangan rata - rata} &= \frac{732 + 787 + 762 + 770 + 758 + 749}{6} \\ &= 759.666667\text{mV} \end{aligned}$$

#### Sample B

$$\begin{aligned} \text{Tegangan rata - rata} &= \frac{735 + 795 + 783 + 791 + 771 + 752}{6} \\ &= 771.166667\text{mV} \end{aligned}$$

Dari rumus di atas dapat kita lihat selain dari pengaruh panas matahari, pengaruh dari semakin banyaknya *polyurethane* yang terkandung pada campuran *graphene* dalam pembuatan *solar sell* mempengaruhi tegangan yang di hasilkan. Dari sample A dan B maka kita bisa melihatnya dari grafik 3.1



**Grafik 3.1** Grafik Perbandingan Tegangan Yang Dihasilkan Campuran *Graphene* Dalam Pembuatan *Solar Cell* Terhadap Waktu

Dari grafik di atas dapat dilihat pada sample B yaitu campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* yang menggunakan *polyurethane* lebih banyak menghasilkan tegangan lebih tinggi dari sample A yang menggunakan *polyurethane* lebih sedikit. Percobaan diatas dilakukan pada tempat dan penyinaran matahari yang sama yang dilakukan tiap 10 menit sekali.

#### e. Pengujian Arus Listrik Yang Dihasilkan Dari Campuran *Graphene* Dalam Pembuatan *Solar Cell*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa lama waktu arus listrik yang akan diperoleh tiap 10 menit sekali di dalam campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Faktor penyinaran matahari dan banyaknya jumlah *asam fosfat* mempengaruhi arus yang dihasilkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Di lihat pada tabel pengujian sebagai berikut:

**Tabel 3.2** Data Pengujian Arus Yang Dihasilkan

No	Waktu (menit)	Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell A (mA)	Campuran Graphene Dalam Pembuatan Solar Cell B (mA)
1	10	0.060	0.020
2	20	0.032	0.012
3	30	0.021	0.016
4	40	0.022	0.018
5	50	0.013	0.010
6	60	0.008	0.005

Dari tabel di atas dapat kita hitung arus rata-rata yang dihasilkan dari campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* tiap 10 menit menggunakan rumus di bawah ini :

$$\text{Arus rata-rata} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6}{6}$$

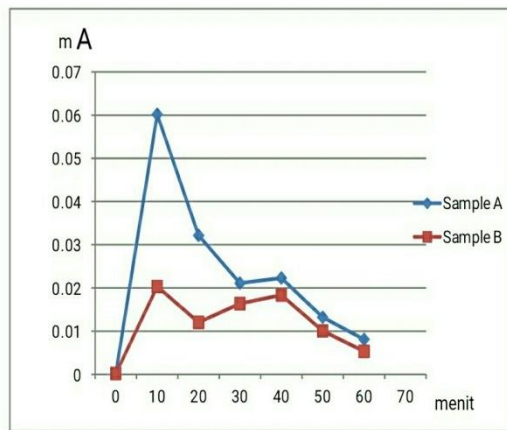
#### Sample A

$$\begin{aligned} \text{Arus rata-rata} &= \frac{0.060 + 0.032 + 0.021 + 0.022 + 0.013 + 0.008}{6} \\ &= 0.026 \text{ mA} \end{aligned}$$

#### Sample B

$$\begin{aligned} \text{Arus rata-rata} &= \frac{0.020 + 0.012 + 0.016 + 0.018 + 0.010 + 0.005}{6} \\ &= 0.0135 \text{ mA} \end{aligned}$$

Dari rumus di atas dapat kita lihat selain dari pengaruh panas matahari, pengaruh dari semakin banyaknya *asam fosfat* yang terkandung pada *graphene* dalam pembuatan *solar cell* mempengaruhi arus yang dihasilkan. Dari sample A dan B maka kita bisa melihatnya dari grafik 3.2



**Gambar 3.2** Grafik Perbandingan Arus Listrik Yang Di Hasilkan Campuran *Graphene* Dalam Pembuatan *Solar Cell* Terhadap Waktu

Dari grafik di atas dapat dilihat pada sample A yaitu campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* yang menggunakan *asam fosfat* yang lebih banyak menghasilkan arus listrik lebih tinggi dari sample B yang menggunakan *asam fosfat* lebih sedikit. Percobaan diatas dilakukan pada tempat dan penyinaran matahari yang sama yang dilakukan tiap 10 menit sekali.

#### f. Pengujian Daya Output Yang Dihasilkan Dari Campuran *Graphene* Dalam Pembuatan *Solar Cell*

Pengujian ini adalah untuk mengetahui daya output yang dihasilkan antara campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A dan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B. Pada pengujian ini dilakukan pada waktu, tempat dan penyinaran matahari yang sama selama 10 menit. Untuk mengetahui nilai daya output yang dihasilkan dapat menggunakan rumus :

$$P = V \times I$$

Dimana : P = Daya Output.

V = Tegangan.

I = Arus.

Untuk melihat daya perbandingan daya output yang dihasilkan antara campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A dan

campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B dapat dilihat pada table perbandingan di bawah ini :

**Tabel 3.3** Data Pengujian Daya Output Yang Dihasilkan

No	Waktu (menit)	Graphene solar cell A (mW)	Graphene solar cell B (mW)
1	10	43.92	14.7
2	20	25.184	9.54
3	30	16.002	12.528
4	40	16.94	14.238
5	50	9.854	7.71
6	60	5.992	3.76

Dari tabel di atas dapat kita hitung daya output rata-rata yang dihasilkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* tiap 10 menit menggunakan rumus di bawah ini :

$$\text{Daya Output rata - rata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}{6}$$

#### Sample A

$$\begin{aligned} \text{Daya rata - rata} &= \frac{43.92 + 25.184 + 16.002 + 16.94 + 9.854 + 5.992}{6} \\ &= 19.65 \text{ mW} \end{aligned}$$

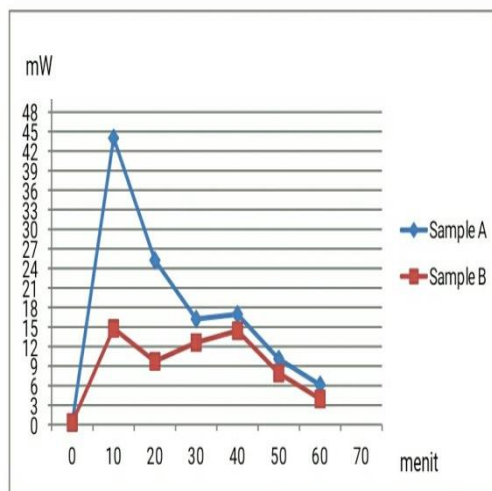
#### Sample B

$$\text{Daya Output rata - rata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}{6}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya rata - rata} &= \frac{14.7 + 9.54 + 12.528 + 14.238 + 7.71 + 3.76}{6} \end{aligned}$$

$$= 10.4113333 \text{ mW}$$

Dari table diatas dapat kita lihat campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A memiliki daya output yang lebih besar dari campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B. Percobaan diatas dilakukan pada waktu, tempat dan penyinaran matahari yang sama. Dari sample A dan sample B diatas kita dapat melihat perbandingan daya output pada grafik di bawah ini :



**Gambar 3.3** Grafik Perbandingan Daya Sample A dan B Terhadap Waktu

Dari grafik di atas dapat dilihat campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A menghasilkan daya output yang lebih besar dari campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B, hal ini dipengaruhi pada saat perkalian arus dan tegangan, arus yang dihasilkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* A jauh lebih besar dari campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* B, Percobaan diatas dilakukan pada waktu, tempat dan penyinaran matahari yang sama.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah direncanakan dan dirancang dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu

1. Campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* pada penelitian ini dirancang dalam beberapa tahap. Pertama, sintesis *graphene* sebagai bahan pendonor yang menyerap energi matahari diperoleh dengan mencampurkan  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $KMNO_4$ , Bubuk Grafit, Ice Batch, dan  $H_2O_2$  yang nantinya akan dikeringkan selama 12 jam pada suhu  $110^\circ C$ . Kedua, merangkai copper tape sedemikian rupa sebagai elektrode kutup positif pada campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Ketiga, menggunakan alluminium foil dan dirangkai sedemikian rupa sebagai elektrode kutup

negatif. Keempat, mencampurkan *graphene* powder, polyurethane dan asamfosfat sebagai elektrolit pada *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Kelima, langkah yang terakhir adalah mengoles hasil campuran antara *graphene*, polyurethane dan asam fosfat ke media kaca yang sudah di terdapat copper tape dan alluminium foil sebagai elektrode kutup positif dan negatif.

2. Faktor penyinaran matahari dan banyaknya jumlah *polyurethane* dan asam fosfat berpengaruh kepada daya output yang dihasilkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell*. Semakin banyak jumlah polyurethane maka semakin besar juga tegangan yang dihasilkan dan semakin banyak jumlah asam posfat yang dicampurkan maka semakin besar arus yang dihasilkan. Asam fosfat dan *polyurethane* sangat berpengaruh terhadap daya output yang dihasilkan. Percobaan di lakukan pada penyinaran matahari, waktu dan tempat yang sama. Dalam melakukan sebuah penelitian analisa atau perbandingan, sangat diperlukan untuk memperhatikan variabel-variabel yang bersangkutan untuk tetap sama pada tiap sampel. Hal ini bertujuan untuk mengurangi tingkat kesalahan yang dapat menyebabkan nilai yang diteliti menjadi tidak akurat. Hasil Perhitungan daya yang didapat pada campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* sample A menghasilkan daya outout rata-rata sebesar 19,65 mW sedangkan campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* sample B menghasilkan 10,413333mW. Hal ini membuktikan sintesis pada campuran *graphene* dalam pembuatan *solar cell* sangat berpengaruh terhadap daya output yang dihasilkan.

##### a. Saran

Pada penelitian berikutnya, penulis berharap untuk pembuat *graphene solar cell* menggunakan sintesis bahan yang lebih baik agar didapat hasil yang lebih maksimal, sehingga untuk perhitungan tegangan, arus dan

daya outputnya dapat lebih baik lagi dari penelitian kali ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Geim, "Nobel Lecture : Random walk to graphene ," vol. 83, no. SEPTEMBER, pp. 851–862, 2011.
- [2] K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V Morozov, and D. Jiang, "Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films," vol. 306, no. October, pp. 666–669, 2004.
- [3] R. Faiz and D. Susanti, "Analisis Pengaruh Massa Reduktor Zinc terhadap Sifat Kapasitif Supercapacitor Material Graphene," vol. 4, no. 1, pp. 95–100, 2015.
- [4] J. Shi, W. Du, Y. Yin, Y. Guo, and L. Wan, "Hydrothermal reduction of three-dimensional graphene oxide for binder-free flexible supercapacitors," no. 2000 ml, pp. 1–10, 2014.
- [5] H. Ananthkrishnan and R. C. Krishna, "Graphene Solar Cell," vol. 1, no. 1, pp. 166–171, 2016.
- [6] V. Effelina, " Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/ PVA (Polyvinil Alcohol) Yang Di Fabrikasi Menggunakan Teknik Electospining", Tesis Yogyakarta FMIPA UGM, 2015.
- [7] K. Zhang, A. M. Nelson, S. J. Talley, M. Chen, E. Margareta, A. G. Hudson, R. B. Moore, and T. E. Long, " Non-Isocyanate Poly (Amide-Hydroxyurethanes) From Sustainable Resources," pp. 4667–4681, 2016.
- [8] R. Ā. Chenni, M. Makhlof, T. Kerbach, and A. Bouzid, "A detailed modeling method for photovoltaic cells," no. September, 2007.
- [9] S. Younes, R. Claywell, and T. Ā. Muneer, "Quality control of solar radiation data: Present status and proposed new approaches," vol. 30, pp. 1533–1549, 2005.

#### Biodata Penulis

Nama : Herry Angiawan

NPM : 1407220096

TTL : Indarpura 7 Juni 1996

Alamat : Indrapura Lk IV Rambate Rataraya

Email : [herryangriawan90@gmail.com](mailto:herryangriawan90@gmail.com)

#### Riwayat Pendidikan :

2001 – 2002 : TK Swasta YASKUMAM

2002 – 2008 : SDN No 013869

2008 – 2011 : SMP N 1 Air Putih

2011 – 2014 : SMA N 1 Air Putih

2014 – Sekarang : S1 Teknik Elektro-  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara



Medan, 2 Oktober 2018